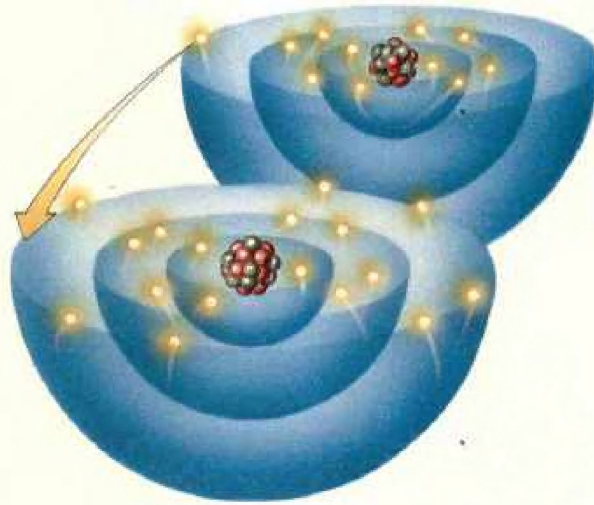


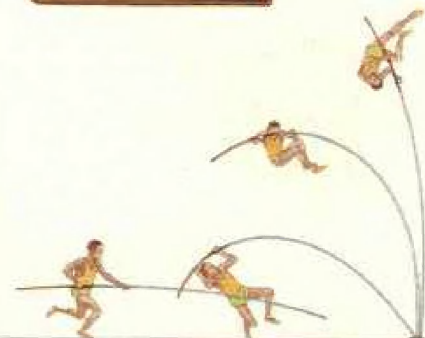
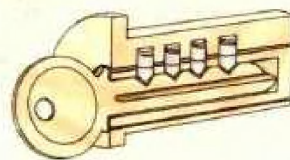
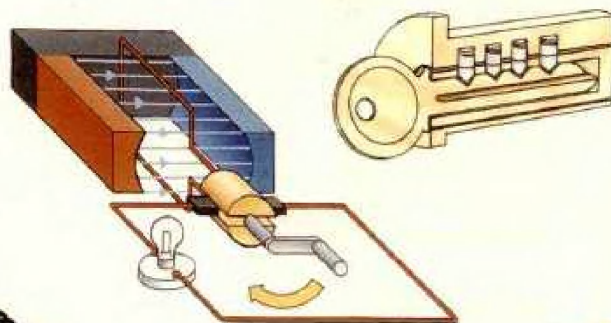
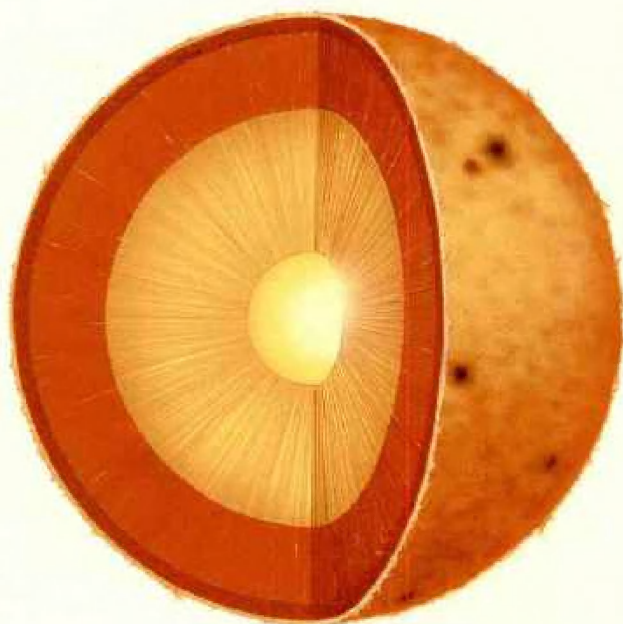
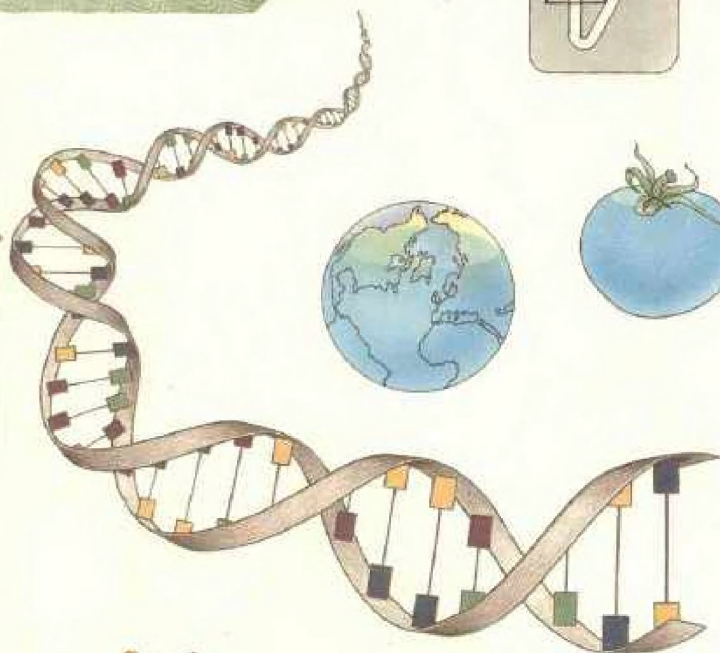
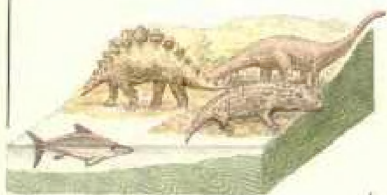
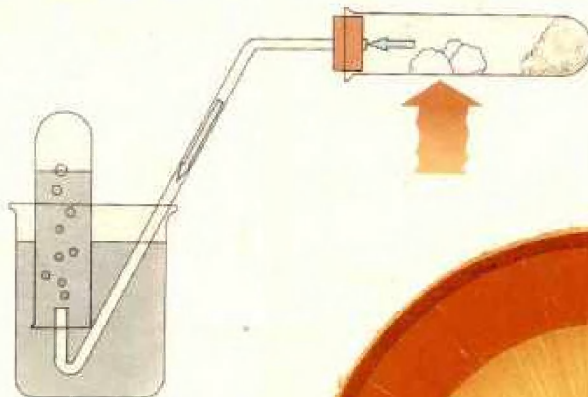
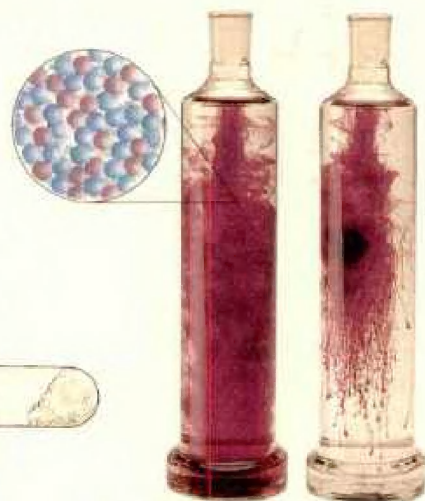
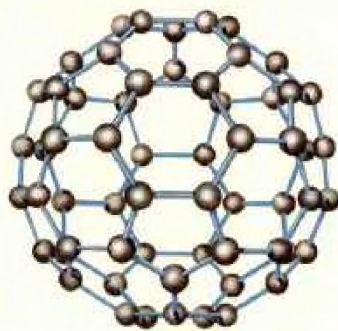
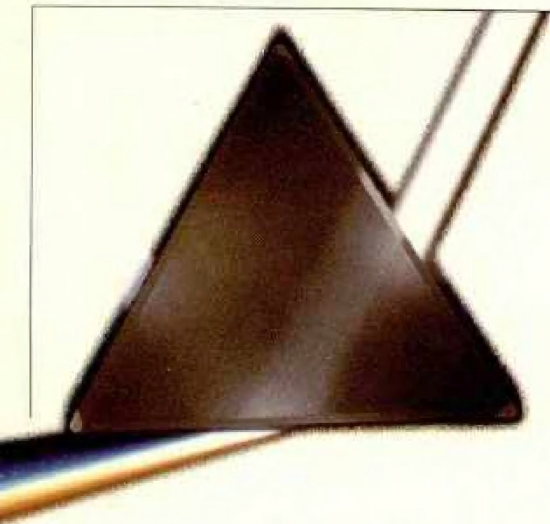
Mugool.Com

# الموسوعة العلمية الشاملة



إعداد  
أحمد شفيق الخطيب  
يوسف سليمان خير الله  
رئيس التحرير  
أحمد شفيق الخطيب

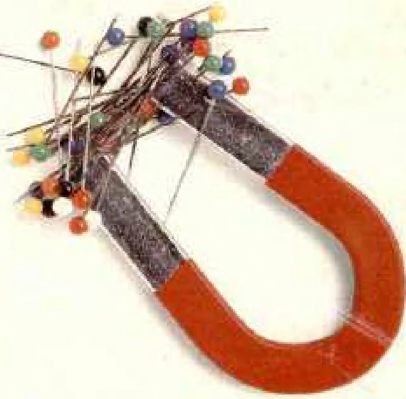
مكتبة لبنان ناشرون







# الموسوعة العلمية الشاملة

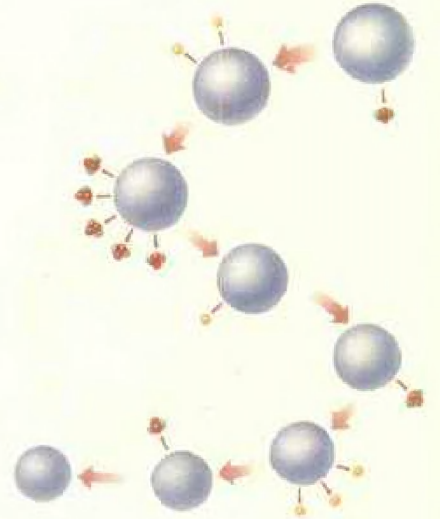
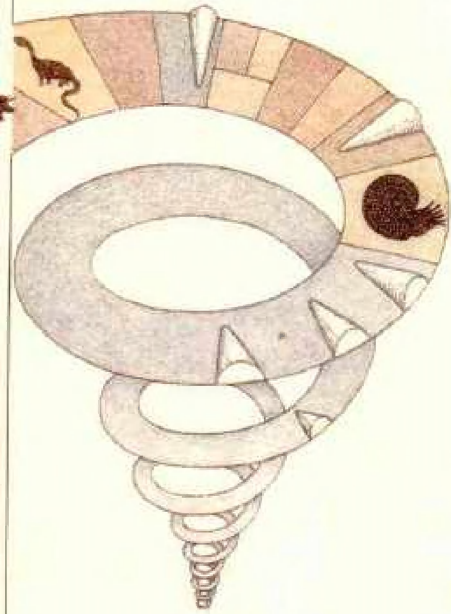


مكتبة لبنان ناشرون

© دورلينغ كيندرسلي  
مكتبة لسانات ناشيونال  
نشر مكتبة لسانات ناشيونال  
بالتعاون مع شركة دورلينغ كيندرسلي

لحقوق الطبع © دورلينغ كيندرسلي ليمتد، لندن - الطبعة الإنكليزية  
لحقوق الطبع © مكتبة لسانات ناشيونال نيو - الطبعة العربية  
جميع الحقوق محفوظة - لا يجوز نشر أي جزء من هذا الكتاب أو تصويره  
أو تخزينه أو تسجيله بأي وسيلة دون موافقة خطية من الناشر.

مكتبة لسانات ناشيونال  
صندوق البريد: ٩٢٣٢-١١  
بيروت - لسانات  
وكلاء وموزعون في جميع أنحاء العالم  
الطبعة الأولى: ١٩٩٨  
طبع في لسانات  
رقم الكتاب: 01R100200





# المحتويات

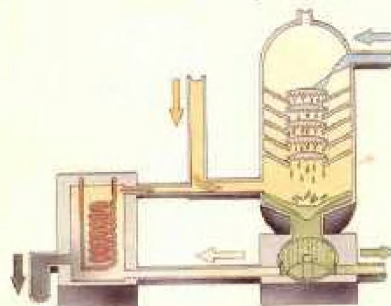
## ٨١ المواد

- ٨٢ صناعة الكيماويات
- ٨٣ الماء - معالجته وصناعاته
- ٨٤ الحديد والفولاذ
- ٨٦ النحاس
- ٨٧ الألومنيوم
- ٨٨ السبائك
- ٨٩ حامض الكبريتيك
- ٩٠ الأمونيا
- ٩١ الكيمياء الزراعية
- ٩٢ صناعة الأغذية
- ٩٤ صناعة القلويات
- ٩٥ الصابون والمنظفات
- ٩٦ منتجات الفحم
- ٩٧ منتجات الغاز
- ٩٨ منتجات النفط
- ١٠٠ المكثفات
- ١٠٢ الأصباغ والخشب
- ١٠٣ مستحضرات التجميل
- ١٠٤ الكيمياء في الطب
- ١٠٦ المواد اللصوقة
- ١٠٧ الألياف
- ١٠٨ الورق
- ١٠٩ الخزفيات
- ١١٠ الزجاج
- ١١١ تقسيم المواد
- ١١٢ التلوث الصناعي



## ١١٣ القوى والطاقة

- ١١٤ القوى
- ١١٦ جمع القوى ومحصلاتها
- ١١٧ القوى المتوازنة
- ١١٨ السرعة
- ١١٩ التسارع



## ٤٩ التفاعلات

- ٥٠ النظرية الحركية
- ٥١ سلوك الغازات
- ٥٢ التفاعلات الكيماوية
- ٥٣ توصيف التفاعلات
- ٥٤ التفاعلات العكسية
- ٥٥ سرعة التفاعلات
- ٥٦ الحفازات
- ٥٨ المركبات والمزيجات
- ٦٠ المحاليل
- ٦١ فصل المزيجات
- ٦٢ التحليل الكيماوي
- ٦٤ الأكسدة والاختزال
- ٦٦ سبيل التفاعلية
- ٦٧ الكهولة (التحليل بالكهرباء)
- ٦٨ الحواض
- ٧٠ القلويات والقواعد
- ٧٢ قياس الحمضية
- ٧٣ الأملاح
- ٧٤ كيمياء الهواء
- ٧٥ كيمياء الماء
- ٧٦ كيمياء الجسم البشري
- ٧٨ كيمياء الأغذية
- ٨٠ الاحتمار

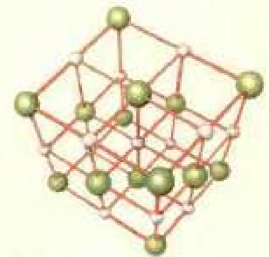
## ٩-٨ إرشادات وإيضاحات

## ١٠ المسارات التاريخية

- ١٠ تعرف المادة وأسرارها
- ١١ تعرف حقاي الطاقة واستخداماتها
- ١٢ تعرف خفايا الأرض والفضاء
- ١٣ تعرف الكائنات الحية ودراستها

## ١٥-١٤ الغلاء - كيف وماذا يعملون !

## ١٦ قواعد السلامة وزمورها



## ١٧ المادة

- ١٨ حالات المادة
- ٢٠ تغيرات الحالة
- ٢٢ خصائص المادة
- ٢٤ البنية الذرية
- ٢٦ النشاط الإشعاعي (القاعلية الإشعاعية)
- ٢٨ الترابط الكيماوي
- ٣٠ البلورات
- ٣١ العناصر
- ٣٢ الجدول الدوري للعناصر
- ٣٤ الفلزات القلوية
- ٣٥ فلزات الأرض القلوية
- ٣٦ الفلزات الانتقالية
- ٣٨ الفلزات الوضعية
- ٣٩ أشباه الفلزات
- ٤٠ الكربون
- ٤١ الكيمياء العضوية

- ٢١٦ البراكين  
٢١٨ نُشوءُ الجبال  
٢٢٠ الهزَّاتُ الأرضيَّة  
٢٢١ الصُّخُورُ والمعادن  
٢٢٢ الصُّخُورُ البركانيَّة  
٢٢٣ الصُّخُورُ الرُّسُوبِيَّة  
٢٢٤ الصُّخُورُ المُتَحَوِّلَة  
٢٢٥ الأحافير  
٢٢٦ الصُّخُورُ سِجَلَاتُ جيولوجيَّة  
٢٢٨ الجليدُ والمُثلَّجات  
٢٣٠ التجويفُ والتَّحَات  
٢٣٢ أنواعُ التُّربة  
٢٣٣ الأنهار  
٢٣٤ البحارُ والمُحيطات  
٢٣٥ الأمواجُ والمُدُّرُ (المُدُّ والجزرُ)  
والتَّياراتُ  
٢٣٦ خطُّ الساحلِ  
٢٣٨ الفُحْمُ  
٢٣٩ النُّفُطُ والغازُ  
٢٤٠ رَسْمُ خرائط الأرض



## ١٧٧ الصُّوْتُ والضَّوءُ

- ١٧٨ الصُّوْتُ  
١٨٠ قياسُ الصُّوْتِ  
١٨١ جِهَارَةُ الصُّوْتِ  
١٨٢ إحدَاتُ الصُّوْتِ وسماعه  
١٨٤ انْعِكَاسُ الصُّوْتِ وامتصاصه  
١٨٦ الأصواتُ الموسيقيَّة  
١٨٨ تسجيلُ الصُّوْتِ  
١٨٩ الأصواتُ الإلكترونيَّة  
١٩٠ الضَّوءُ  
١٩٢ الطُّيفُ الكهرومغناطيسي  
١٩٣ مَصَادِرُ الضَّوءِ  
١٩٤ الانعكاسُ  
١٩٦ الانكسارُ  
١٩٧ العدساتُ  
١٩٨ الآلاتُ البصريَّة  
١٩٩ الليزرُ  
٢٠٠ الضَّوءُ والمادَّة  
٢٠١ الظُّلالُ  
٢٠٢ الألوانُ  
٢٠٣ الإشعاقُ اللَّوْنِي  
٢٠٤ الإنبصارُ  
٢٠٦ التَّصْوِيرُ الفوتوغرافي  
٢٠٨ السينما



## ٢٠٩ الأرضُ

- ٢٤١  
الطُّقْسُ  
٢٤٢ ضياءُ الشَّمْسِ  
٢٤٣ الفُصولُ  
٢٤٤ المُناخُ  
٢٤٦ المُتَنَاحَاتُ المُتَغَيِّرةُ  
٢٤٨ الحيَوانُ  
٢٥٠ حَمَلُ الهَوَا  
٢٥١ دَرَجاتُ الحرارة  
٢٥٢ الرُّطوبَةُ  
٢٥٣ الجِبهاتُ المُناخيَّة  
٢٥٤ الرِّيحُ  
٢٥٦ قُوَّةُ الرِّيحِ  
٢٥٧ الرُّعْدُ والرِّيحُ  
٢٥٨ الأعاصيرُ  
٢٥٩ الأعاصيرُ الدَّوامِيَّة  
٢٦٠ السُّحبُ  
٢٦٢ تَكُونُ السُّحبِ  
٢٦٣ الضُّبابُ والسُّبُورَةُ والضَّحَانُ  
٢٦٤ المَطَرُ  
٢٦٦ الثَّلَجُ  
٢٦٧ البَرَدُ  
٢٦٨ الصَّقِيعُ والندى والجليدُ  
٢٦٩ تأثيراتُ حَامَةِ  
٢٧٠ التَّبَيُّدُ بالأحوالِ الجَوِّيَّة  
٢٧٢ رَضْدُ الطُّقْسِ

- ٢١٠ تَكُونُ الأرضِ  
٢١٢ بِنْيَةُ الأرضِ  
٢١٤ الفَارَازُ المُتَحَرِّكةُ

- ١٢٠ القُوَى والحَرَكةُ  
١٢١ الإَحْيَاكُ  
١٢٢ الجاذبيَّةُ  
١٢٣ قياسُ القُوَى  
١٢٤ قُوَى الدُّورانِ والتدويرِ  
١٢٥ الحَرَكةُ الدائريَّةُ  
١٢٦ الاهتزازاتُ  
١٢٧ الضَّغْطُ  
١٢٨ القُوَى في الموائعِ  
١٢٩ الطُّفُوُ والعَطْفُ  
١٣٠ المَكْنَاتُ  
١٣٢ الشُّغْلُ والطَّاقَةُ  
١٣٤ مَصَادِرُ الطَّاقَةِ  
١٣٦ الطَّاقَةُ النَّوَوِيَّةُ  
١٣٨ تَحَوُّلاتُ الطَّاقَةِ  
١٤٠ الحَرَارَةُ  
١٤٢ انْتِقَالُ الحَرَارَةِ  
١٤٣ المُحَرِّكَاتُ



## ١٤٥ الكهربياءُ والمَغْنَطِيسِيَّةُ

- ١٤٦ الكهربياءُ السَّائِكةُ  
١٤٨ الكهربياءُ التَّيارِيَّةُ  
١٥٠ الخلاياُ والبطارياتُ  
١٥٢ الدَّاراتُ الكهربيَّةُ  
١٥٤ المَغْنَطِيسِيَّةُ  
١٥٦ الكهرومغناطيسيَّةُ  
١٥٨ المُحَرِّكَاتُ الكهربيَّةُ  
١٥٩ المُؤَلِّداتُ  
١٦٠ مواردُ الكهربياءِ  
١٦١ الكهربياءُ في البيتِ  
١٦٢ الاتِّصالاتُ البُعاديَّةُ  
١٦٤ الرَّاذِيُو  
١٦٦ التَّلْفِيزِيُونُ  
١٦٨ مَقْومَاتُ إلكترونيَّة  
١٧٠ الدَّاراتُ المُتَكاملَة  
١٧٢ الحاسباتُ  
١٧٣ الحَواسيبُ  
١٧٥ اسْتِخْدَامُ الحَواسيبِ  
١٧٦ الرُّوبُوتاتُ





### ٣٦٩ البيئيات

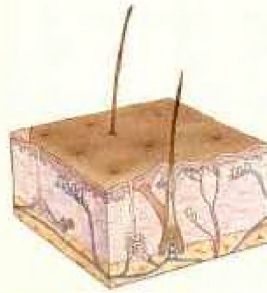
- ٣٧٠ الغلاف الحيوي
- ٣٧٢ دورات في الغلاف الحيوي
- ٣٧٤ البشر وكوكبهم
- ٣٧٦ الفصول وإعادة تدويرها
- ٣٧٧ السلاسل والشبكات الغذائية
- ٣٧٨ الجماعات الحيوانية
- ٣٧٩ التعايش المشترك
- ٣٨٠ اللون والتشويه
- ٣٨١ الهجرة والإسبات
- ٣٨٢ مناطق القطبين والتندرا
- ٣٨٤ الجبال
- ٣٨٥ الشواطئ
- ٣٨٦ المحيطات
- ٣٨٨ الأنهر والبحيرات
- ٣٨٩ المناطق الرطبة
- ٣٩٠ الصحاري
- ٣٩٢ السهوب العشبية
- ٣٩٤ الغابات المطيرة الاستوائية
- ٣٩٦ غابات البتلة المعتدلة
- ٣٩٧ البندان والبدن
- ٣٩٨ الحياة البرية في خطر
- ٤٠٠ الحفاظ على البيئة الطبيعية

### ٤٠١ - ٤٢٥ حقائق ومعلومات

### ٤٢٦ - ٤٣٣ مسرد التعريفات

### ٤٣٤ - ٤٤٥ الفهرس العام

- ٣٩٥ الفطريات
- ٣٩٦ اللازغريات
- ٣٩٧ الصنوبريات
- ٣٩٨ النباتات المزهرة
- ٣٩٩ قنديل البحر وشقائق البحر والمرجان
- ٣٩٩ الذيدان
- ٣٩٩ المفصليات
- ٣٩٩ الرخويات
- ٣٩٩ نجم البحر والرخويات
- ٣٩٩ الأسماك
- ٣٩٩ البرمائيات
- ٣٩٩ الزواحف
- ٣٩٩ الطيور
- ٣٩٩ الثدييات
- ٣٩٩ الرئيسات



### ٣٣٧ الكائنات الحية كيف تعمل

- ٣٣٨ الخلايا
- ٣٤٠ التخليق الضوئي
- ٣٤١ نظام النقل في النبات
- ٣٤٢ الغذاء
- ٣٤٣ الاغذية
- ٣٤٤ الأسنان والفكان
- ٣٤٥ الهضم
- ٣٤٦ التنفس الخلوي
- ٣٤٧ التنفس
- ٣٤٨ الدم
- ٣٤٩ الدورة الدموية
- ٣٥٠ البيئة الباطنية (في الأحياء)
- ٣٥٢ الهيكل الداعمة
- ٣٥٤ الجلد
- ٣٥٥ العضلات
- ٣٥٦ الحركة
- ٣٥٨ الحواس
- ٣٦٠ الأعصاب
- ٣٦١ الدماغ
- ٣٦٢ النمو ومراحله
- ٣٦٤ الوراثة
- ٣٦٦ التكاثر اللاجنسي
- ٣٦٧ التناسل الجنسي
- ٣٦٨ التناسل البشري



### ٢٧٣ الفضاء

- ٢٧٤ الكون
- ٢٧٥ أصل الكون
- ٢٧٦ المجرات
- ٢٧٨ النجوم
- ٢٨٠ دورة حياة النجوم
- ٢٨٢ الكواكب (الأبراج)
- ٢٨٣ النظام الشمسي
- ٢٨٤ الشمس
- ٢٨٦ عطارد والزهرة
- ٢٨٧ الأرض
- ٢٨٨ القمر
- ٢٨٩ المريخ
- ٢٩٠ المشتري
- ٢٩١ زحل
- ٢٩٢ أورانوس
- ٢٩٣ نبتون وبلوتو
- ٢٩٤ الكويكبات
- ٢٩٥ المذنبات والنيازك
- ٢٩٦ علم الفلك
- ٢٩٧ التلسكوبات الأرضية
- ٢٩٨ تلسكوبات الفضاء
- ٢٩٩ الصواريخ
- ٣٠٠ السوائل (الأقمار الصناعية)
- ٣٠١ السواير الفضائية
- ٣٠٢ الإنسان في الفضاء
- ٣٠٤ المحطات الفضائية



### ٢٠٥ الكائنات الحية

- ٣٠٦ ماهية الحياة
- ٣٠٧ كيف ابتدأت الحياة
- ٣٠٨ النشوء والتطور
- ٣٠٩ آلية التطور
- ٣١٠ تصنيف الكائنات الحية
- ٣١٢ الحشرات (الفيروسات)
- ٣١٣ الجراثيم (البكتيريا)
- ٣١٤ المتعضيات الوحيدة الخلية



# إرشادات وإيضاحات

الزواحف، عندما تطلّب مدخلا حول موضوع ماء، أنظر أولاً موقعه في صفحة المحتويات أو أطلبه في الفهرس لإيجاد الصفحات التي تحوي معلومات حول الموضوع الذي تُريده.

تبيّن لك هاتان الصفحتان طريقة استخدام الموسوعة وتقسيماتها. هنالك اثنا عشر مبحثاً عاماً، كالتفاعلات والكائنات الحيّة. وضمن كل مبحث هنالك مداخل رئيسيّة حول الموضوع، مثل كيمياء الأغذية أو

الفهرس في نهاية الموسوعة يدرج كامل مواد الموسوعة ومداخلها.

رقم الصفحة بالحرف العادي  
يُحيلك إلى المرجع ضمن مواد الموسوعة.  
رقم الصفحة بالحرف الأسود  
يُحيلك إلى المدخل الرئيسي.  
أما رقم الصفحة بالحرف المائل  
فَيُحيلك إلى الصفحات ضمن قسم حقائق ومعلومات.

## المباحث العلميّة

المعلومات في هذه الموسوعة مُرتبة حسب المواضيع. فكل مدخل يُعطي معلومات وافية عن موضوع مُعيّن، وهذا يتأبى بخاصيّة الطلاب الذين يُحضرون مشاريع عمليّة علميّة، ويراجعة صفحات أخرى في القسم نفبه يُمكنك أن تقصّي جواب الموضوع وتستوعب تفاصيله. هذه الصفحة عن موضوع التحليل الكيمائي مثلاً، هي من قسم التفاعلات. فالكلمات والطور تبرز مواضيع أخرى وثيقة العلاقة بهذا الموضوع، كالاستشراب واختبارات الذهب، بأسلوب واضح مُتقوّ.



البنية الذريّة تُبيّن لك طبيعة الذرات وفكراتها.

## لمزيد من المعلومات انظر

البنية الذريّة ص ٢٤  
المركبات والمزيجات ص ٥٨  
قسط المزيجات ص ٦١  
مصادر الضوء ص ١٩٣  
الوراثة ص ٣٦٤  
حقائق ومعلومات ص ٤٠٤

## لمزيد من المعلومات

في أسفل الزاوية اليسرى من كل صفحة إطار يُدرج قيمته قائمة بصفحات أخرى من الموسوعة تجد فيها مزيداً من المعلومات عن موضوع بحثك. مثلاً إطار المزيد من المعلومات، في صفحة التحليل الكيمائي يُورّد قائمة من ستة مداخل وثيقة العلاقة بالموضوع مع أرقام صفحاتها.

إطار 'لمزيد من المعلومات' عن مصادر الضوء يُحيلك إلى أربعة مداخل ذات علاقة بالموضوع هي: الغازات النبيلة، التفاعلات الكيمائية، موارد الكهرباء، والألوان.

يُدرج الفهرس

قائمة بجميع مواضيع الموسوعة والصفحات التي تعالج هذه المواضيع.

كل مدخل رئيسي مُعالج في صفحة أو صفحتين.

صفحات المحتويات تدرج قائمة بموضوع كل صفحة تحت عنوان مبحث العام.



## المسارات التاريخيّة

تصدّر الموسوعة أربعة مسارات تاريخيّة تعرض التسلسل الزمني لتطور فروع العلم المختلفة من أدم العصور حتى العصر الحاضر. تتحدّث هذه المسارات حول المباحث التالية: المادّة، الطاقة، الأرض والفضاء، والكائنات الحيّة.



الوراثة تُبيّن لك كيف أنّ الوراثة الكيمائي في مخلوق غريب.

## الوراثة (علم الوراثة)







# تَعْرِفُ خَفَايا المادّة

٤٠٠ ق.م. الفيلسوفان اليونانيان ديمقريطس وأبيقور، يُعلّمان أنّ المادّة تتألّف من ذرات دقيقة دائية الحركة، لا تُدرك بالحواس، لا تقبّل ولا تقبّل.



ديمقريطس

ظلّل الناس على مدى مئات السنين يعتقدون بمفولة أرسطو إنّ عناصر المادّة الأساسية أربعة هي: النار والماء والتراب والهواء.

إعتبر افلاطون أنّ هذه العناصر تتكلّف ذرات العناصر الأربعة: النار والماء والتراب والهواء.

٣٠٠ ق.م. كان الفيلسوفان اليونانيان، أفلاطون وأرسطو يعتقدان بإمكان استنباطه تقطيع المادّة إلى قطع أصغر فأصغر.

الجزفرون الشهيرة، كالشعشع والصبّارين والخرافين، هم خبراء التقانات الصناعية.



١٦٦١  
انتشر جزيئات الغاز (البروم) في هواء الجبالين



١٦٦١  
ارتأى العالم اللاتفي، روبرت بويل، أنّ مقولة ديمقريطس (الذرات الدقيقة المتحركة) أفضل من عناصر أرسطو الأربعة لتفسير التفاعلات الكيميائية.



١٨٠٠-١٧٠٠  
تترايب ذرات الصوديوم والتور لتكوّن كلوريد الصوديوم (ملح الطعام).

العالم البريطاني السير إسحق نيوتن (١٦٤٣-١٧٢٧) يقول بإمكانية تجاذب الجسيمات الدقيقة وتنافرها.

علماء العصر يفسّرون الاحتراق بمرحلة انطلاق اللاهوب (العنصر الملهب) اللامعظور المتواجد في المواد القابلة للاحتراق.



الباحثون يدرسون الحرارة ويستقصون خصائص الغازات المكتشفة حديثاً مثل ثاني أكسيد الكربون.

العالم الفرنسي أنطوان لافوازييه (١٧٤٣-١٧٩٤) بين دور الأكسجين في الاحتراق وتفاعلات أخرى، ويخصّص فرعاً لللاهوب.



١٨٠٨  
الكيميائي البريطاني، جون دالتون، يبدّل المفاهيم المعصية للعناصر والمركبات وتألّفها من ذرات وجزيئات.



استخدام تقطع الفولاذية في السفن البخارية

حديثاً جيّد النوعية ورخيص يُستخدم في صناعة الفولاذ.



في العام ١٩١٣ تكتشف أنّ الذرة تحوي نواة صغيرة تجمّع بها إلكترونات أصغر.

١٨٩٧  
استخدام الأشعة السينية، المُصدّرة بالأنيحة أصلاً، مُلقّنة لتوفير معلومات طبيّة مُفيدة، وتمكّن الأطباء من مُشاهدة دواخل الجسم وتشخيص العلل فيه.

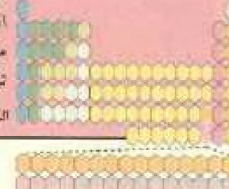


١٨٩٧  
ظهور صناعات كيميائية مهتمة جديدة في ألمانيا تشمل تصنيع الأدوية والأصباغ.



استخدام الأصباغ ومُشَبِّه الاصطناعية لتلوين الجبر.

١٨٦٩  
الكيميائي الروسي، ديمتري مندلييف، يَستطع الحدوث الدوري الذي يَربُطُ العناصر في مجموعات متماثلة تبعاً لأوزانها الذريّة. الجدول الدوري للعناصر



١٩٤٥-١٩٣٩  
الحثّ برقّ جلال الحرب العالمية الثانية على صناعة القنبلة الذرية وعلى عقاز التسلّين، المُضادّ الحيويّ الفعّال ضدّ البكتيريا.

١٩٤٥-١٩٣٩  
العالمات يسيرون بواجب التواء المركّبة للذرات، واكتشاف جسيمات أصغر بكثير من الذرة كالبروتونات والنيوترونات.



١٩٤٥-١٩٣٩  
اكتشاف التحوّلات داخل البروتونات والنيوترونات.



١٩٤٥-١٩٣٩  
براميل الفيزيائيون اكتشاف جسيمات مشعّرة ذون الذرية أصغر فأصغر مثل التحوّلات.



١٩٤٥-١٩٣٩  
تصنيع الملابس الرخيصة من الأقمشة الاصطناعية كالنيلون.

١٩٤٥-١٩٣٩  
ذرة ذرية هيكلية، المُستعّدّة من التور، خيوطاً جامدة مقيّة تُدرّج وتُملأ على مكّبات.



١٩٤٥-١٩٣٩  
لا يزال العلماء يحاولون تقصي أصل التكوّن وبدائيات تخلّقه.





# تَعْرِفُ خفايا الطَّاقة واستخداماتها

الحضارات الأولى تعتمد على قوة الرياح وعلى القوة العضلية في الشَّرِّ والنَّاء، وتستخدم الخيط كمصدر حرارة.



عالم الرياضيات اليوناني، أرسطيدس، يَتَحَقَّق مبادئ علم الميكانيكا ويختَرُ الكثير من البنايات والآلات المُنَهِّة.



على مدى مئات السنين، طَلَّتْ نظريات وأفكار الفيلسوف اليوناني، أرسطو، مُسيطرَةً على مختلف مجالات الفكر والمعرفة.

الفيزيائي وعالم الفلك الإيطالي، غاليليو، يُوَكِّدُ على استخدام التجربة والاختبار والقوانين الرياضية في تقصي أسرار الطبيعة.



1687  
إسحق نيوتن  
يُنشِئ نظريته عن الجاذبية، بقانون رياضي فريد يُحدِّد حركة الكواكب البعيدة كما يُحدِّد حركة الأشياء على الأرض.



النفائس يحتفل لسنوات عديدة بين مؤيدي نيوتن في أنَّ الضوء يتألَّف من جسيمات دقيقة وبين مؤيدي الفيزيائي الهولندي، هيجنز، في أنَّ الضوء ذو طبيعة موجية.

1760  
اخترع وعاء ليدن، الذي يُتَرَكِّز الشحنات الكهربائية الساكنة، يُمكن العلماء من إجراء تجارب كهربائية جديدة.



1770-1776  
المحرك البخاري الأولي تُخلَّ المحلِّ الأحصنة في ضَخِّ الماء، من مناجم القصدير وتطوَّر المحركات البخارية لاحقاً إلى قاطرات.



1799  
البنالدرو فولتا، في إيطاليا، يَخترع البطارية، أول مصدر للكهرباء الكهربائي.

بالتجاربهم ثبَّات رياضية مُتقدمة واختبارات دقيقة، الباحثون الفرنسيون يُوَكِّدون النظرية الموجية للضوء.

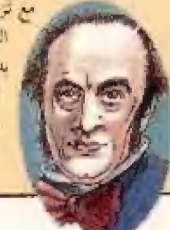


1820-1831  
العالم البريطاني، مايكل فارادي، يُستخدم قوى التجاذب والتنافر المغناطيسية كأساس لإنشعق الدينامو (المولِّد الكهربائي) عماد توليد الكهرباء الصناعية والمنزلية.

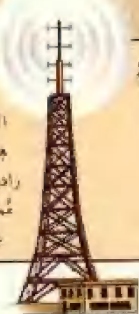


الحركات البخارية تُبدَّ بالطاقة التفاعلية الجديدة والقطارات، جاعلة من بريطانيا أولى البلدان الصناعية في العالم.

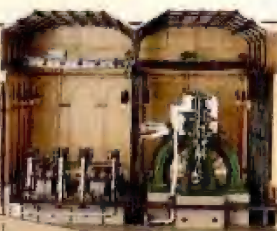
مع تراثه أهمية المكثات، بقوة الفيزيائيون والمهندسون بدراسة العلاقات بين الحرارة والقدرة والشغل.



1888  
الفيزيائي الألماني، هيرتز، يبيِّن موجات راديوية (الاسلكية) في مختبره وهو اكتشاف علمي بالغ الأهمية.



شكَّات الغاز والكهرباء تبدأ في تغيير أساليب الصناعة وقيام صاعات التَّشْيِيل ونمط حياة الناس اليومية أيضاً.



1910  
العالم الألماني المولد، ألبرت أينشتاين، يُحدث تغييراً جذرياً في أرائنا حول الكون بإخراجه النظرية الشبيهة العامة على أسس رياضية.



في العام 1905، لورنتز أينشتاين لم يَسَازِ شعاع ضوئي ينفلي بالجاذبية. وقد تَلَكَّ ذلك بالملاحظات التي أجريت على ضوء النجوم تُحمِّس الشمس.



النظريات الحديثة لميكانيكا الكم تُحدِّد طبيعة الضوء كشكل من الفوتونات الدقيقة تعمل كأموّاج وتُشعَّبات.

1920  
العالمات بنفوسون الإشعاع الإشعاعي أكثر فأكثر يغطيهم البيئة الماحقة إثارة الذرة.



العالم البريطاني، جيمس بول (1818-1889) يُحدِّد العلاقة بين الشغل والحرارة (بالمبدأ الثاني للميكانيكا الحرارية).  
العالم يُدخِل بالقوة التدميرية للنبلة الذرية بعد قُبْلاني فيروشيما وناغازاكي.

المختبرات الحديثة لإنتاج الكهرباء تُسَخِّر الطاقة النووية لأغراض السلام.

تُزَمُّ الضوء الفاتحة القدرة التي تُشعُّها الليزر سريعاً ما يُوجَد لها استعمالات عدَّة في الفيزياء والصناعة والطب، خِزْمَة ليزر.



سُرعَات السَّفر تتزايد بينما يُحدِّد الأمريكيون على سطح القمر وتُكَمِّلُ الكوكبوكورو رحلتها البكر عام 1969.



1979  
بدراسهم للقوى الكهربية الأربع، يربط الفيزيائيون بنجاح بين القوى الكهرومغناطيسية وبين القوى النووية الضعيفة.



يُتابع العلماء استقصاء ما إذا كانت جميع المجرات في الكون تتحركها القوانين الفيزيائية نفسها.



# تَعْرِفُ خَفَايا الأَرْضِ وَالْفَضَاءِ

انبطح الإغريق خرافات مُتعددة مُعتمدة للشمس،  
مُستوحاة من اعتقادهم بالمخلوقات  
الأسطورية.



لمُتطعم فلاسفة الإغريق  
يرتأون أن الأرض ثابتة  
في مركز الكون.

تُعدّ الحضارات القديمة لديهم آراء مُتباينة  
حول الكون، فالهنود يرون أن الأرض يحملها  
أربعة دُمَيّات تجلس بذورها على ظهر نتاج مسنحة.

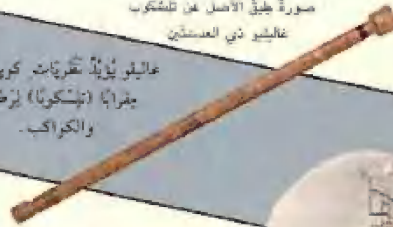


١٥٤٣

عالم الفلك  
البولوني، كوبرنيكوس، يترنّي أن شُوك  
الأجرام السماوية يمكن تحليله بصورة أفضل إذا كانت  
الأرض هي التي تدور حول الشمس.

صورة طبق الأصل عن تشكوب  
غاليليو ذي العدسات

غاليليو يُؤيّد نظريات كوبرنيكوس ويستخدم  
بقرابة (تلسكوبًا) لرؤية القمر  
والكواكب.



١٧٨١

عالم الفلك البريطاني، وليام  
هرشل، يرسم خرافات للنجوم ويكتشف  
كوكبًا جديدًا هو كوكب أورانوس.

بينما التستيفيون، من أمثال جيمس  
كوك، يقومون بعبثات علميّة مديدة تتخسّر  
الخرافات وتزيّد المعنومات المتجذّرة عن  
الكثير من النبات والحيوان  
والشجومات



الركب المكي الشرف

الألات الحديثة الأكثر  
دقّة تُمكن الناس من  
تسجيل وجمع  
المعلومات عن جو الأرض. وينشأ بذلك علم  
جديد هو علم الأرصاد الجوية.

يتزايد تطلّب وشيوع  
مفهوم إسحق نيوتن  
ومفهومه بنظام  
كوكبيّ مركزه  
الشمس، وتسلّط إلى  
أفلاكه قوى الجاذبية.

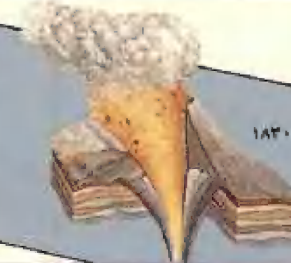


بليثا شوتش



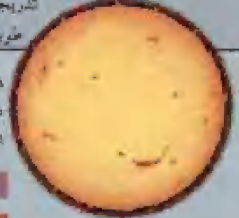
مع توسّع الامبراطوريات  
الأوروبية انطلقت مشاريع  
واسعة المدى لرسم الخرائط  
والمستوطنات الجغرافية  
وقياس العالم من حولنا.

تاريخية يملأ بتكون



١٨٣٠

الجيولوجي البريطاني، شارلز لايل،  
يرتني أن الأرض تخضع لتغيّرات  
تدرجية على مُدّة  
طويلة.



١٨٩٦

الفيزيائي الفرنسي، هنري بيكريل،  
يكتشف النشاط الإشعاعي الذي  
يجعل قياس عمر الأحافير  
ممكنًا.

تزيّد تلقّ  
العلماء بأنّ  
تضوّرهم للكون  
ومفاهيمهم عنه  
تامة.

١٨٨٩-١٨٨٠

لمُتطعم العلماء يرتأون أن  
القوة والكهرباء  
يتقلان عن شوط غير متظور  
يحيط بالأرض هو الأثير.

١٨٦٨  
عاز الهليوم، أحد أخفّ عناصر  
الأرض، يُكتشف في طيف الشمس.



شِدّة خطوط فراونهور في طيف  
الشمس العناصر المتواجدة في جوّها



١٩٠٨

شاء تلسكوب  
جديد ضخم في مرصد جبل ويلسون  
بكاليفورنيا في الولايات المتحدة.



رُغم سخرية الآخرين  
بتابع الجيوفيزيائي  
الألماني، ألفريد واغنر،  
إشاعة الراعي ليقوم  
آراءه الجديدة حول  
الانجراف القاري.

١٩٣٥  
تواصل نامي  
معرفت للكون  
باكتشاف بلوتو،  
وحراسة المعزّرات  
الأخرى.



بلوتو وقمره  
شارون.

التلسكوبات الراديوية  
تُمكن من تتبع  
واستطلاع الكون البعيد.  
وليفّش العلماء نظريات  
حول حيوية الكون وعقله.

سائر ينطلق بعين في الفضاء



العلماء بفُتُورون نظريات فلكيّة مُتعددة حول  
حيوية الكون في حادث مُفرد فريد يُسمونه  
الانفجار العظيم.

التّشّ بأحوال  
الطقس يُصبح  
بالقّ الدقّة بمساعدة  
الحواسيب المُتّالة  
والوسائل الدائرة حول  
الأرض.

الأمريكيون والرومّن  
يُطلقون مركباتهم  
فضائية مأهولة لاستكشاف  
القمر ويُرسلون التّوابير بعينًا  
في الفضاء.



العلماء الأمريكيون والبريطانيون يُحرون قياسات  
تؤكّد النظريات الثّورية حول الانجراف القاريّ  
والكتّونية التّوجّهية.



رُحلة العودة في مشروع بلوتو  
تُتلّق من العربة القمرية  
شاعرة سطح القمر عام ١٩٦٩.

يُسلّ العلماء الكون مُتّاعًا  
بشخصيّة تتنوّع من قُطعة صغيرة  
خسّ فيها الانفجار العظيم.



# تعرّف الكائنات الحيّة ودراستها

النّاس في حضارات مصر القديمة يعتقدون بأنّ الآلهة الوافقة العنّة بالنبات والحيوان تؤثر في حياتهم.



تمثال إلهة المصرية القديمة - كات

الفيلسوف اليوناني، أرسطو، يُشدّد على أهمية دراسة الحيوانات وتصنيفها.

الكيميائيون (الكيميائيون القدامى) يحاولون تحويل المواد العاقية إلى ذهب، ويُجرى التجارب أيضًا على العلاجات الطبيّة.

مشطوطه من القرن الرابع عشر تُصنّف خيميائيًا أثناء الفصل.



الطبيب الإيطالي أندرياس فيساليوس (1514-1564)، يُشرّح الشكّ والجسم البشري.

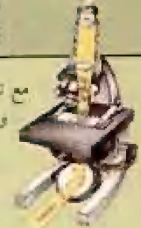


1628



الطبيب البريطاني وليام هارفي يصف كيف يُضخّ القلب الدّم حول الجسم باستمرار. (وكان الطبيب المشفى ابن النّفس قد وصّف ذلك من القلب والرئتين قبله بثلاثة قرون).

شُحِطت نبتة كنبه تصدّيف الطورون فروماني (ميكس) يومانيًا من 1910.



مع تحسّن الأجهزة والآلات، يتمّ فحص البنية المجهرية لأنواع عديدة من النبات والحيوان بتفاصيل أدقّ.



عالم النبات السويدي، كارل لينوس، يبتّع النظام السائد حاليًا لتصنيف النباتات والحيوانات مُستخدِمًا التسمية الثابتة باللاتينية.



عالم الطبيعة الفرنسي، جورج-لويس بوفون (1707-1788) يقول بأحتمال خضوع الكائنات الحيّة لتغيرات تدريجيّة بطيئة مُدًا بآلاف السنين.

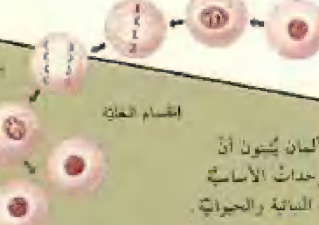
الأحافير تُسرّ للعالم الإحتائي الفرنسي البارون جورج كوفي بزعمة أنّ الأنواع قد تغيّرت من وُلُدت.



ظريّة عالم الأحياء الفرنسي، جان لامارك (1744-1829) بأنّ الحيوانات تتوارث الصفات البنيّة المكتسبة من جيل إلى جيل. تُخلّ تلقى المؤيدين حتى فترة غير قصيرة من القرن العشرين.



بعد تجاربهم المجهرية التفصيلية، يُقدّم علماء الأحياء الألمان نظريات جديدة حول تطوّر الأجنّة.



الباحثون الألمان يثبتون أنّ الخلايا هي الوحدات الأساسيّة في بنية الأحياء النباتية والحيوانية.

التعاكس التي تصبّح في المواطن الطبيعية المتضاربة، في مختلف أنحاء العالم، متشابهة في الغالب لأنها مكتسبة العيش في نفس بيئتها.



اكتشافات أحفوريّة مُهمّة، بدأ فيها خريبات المتحجّرات تُجرى أوائل القرن التاسع عشر. تشير أحافير الطيور المتفرقة أوكسيفوريس إلى احتمال أنّ الطيور قد تطوّرت من الزواحف.

نتيجة لتجاربه العلميّة الدقيقة، يبيّن الكيميائي الفرنسي، لويس بامبر أنّ الاختصار تُشكّل كائنات مجهرية.

متتالية المُحجّرات، الضميمة بلمسور الدوري، في جُرد لاجياغوس تظهر مميزات ومُعدّة أكلها نوع الفاء، في بيئتها المُكسّرة.



عالم الطبيعة البريطاني، تشارلز دارون، يشرّ كتابه البالغ الأثر في تاريخ الفكر الحديث «أصل الأنواع» يدعم فيه نظريته حول التطور (النشوء والارتقاء).

النظريات الوراثيّة الحديثة تبدأ مع إعادة اكتشاف ما كان يُنسى إليه غريغور مندل (1822-1909) عن قوانين الوراثة في الببلي.

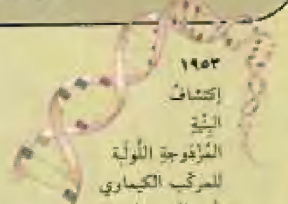


علماء الكيمياء الحيويّة يثبتون الأهمية المُتّحدة البالغة لتفاعلات كيميائية والهرمونات.

الرعاية الصحيّة تتحسن بشكل لافت مع بدء إنتاج المُضادّات الحيويّة بالخلطة.



اكتشاف البنية المُزدوجة اللولبية للمركّب الكيميائي DNA - المسؤول عن الوراثة، يُحدّد تغيرات جينية مُهمّة في علم الأحياء.



يتنامى علم البيولوجية الجزيئية الجديد يساهم بتقنيّ العلماء طبيعة الجينات والتأشيل.

علماء النبات يكتشفون أنّ التلوث في بلد ما يُسبّب تضررًا حادًا في بلاد أخرى يُحمّل مساهمات شائعة من التلوث الطبيعي فيها.

الاحترار العالمي المُتسارع في الجو مُتزوّد مع تغير المناخ في الهواء وتتلصّب سلاسل.





# العلماء - كيف وماذا يعملون؟

مخبري يفحص الدم في مستشفى أو مستوصف إلى رياضي فيزيائي يدرس أصل الخليفة إلى عالم نبات يجمع عينات التربة النادرة إلى كيميائي يطور نوعاً جديداً من منكهات الطعام، كلهم علماء يشدون بالعلم عالماً أفضل.

جراحون يجرون جراحة تجميلية



## مُتَوَاتِلُ الْعِلْمِ

العلماء يُعْزَوْنَ عَمَلُهُمْ لِأَنَّهُمْ يَجِدُونَ الرِّضَا النَّفْسِي الذَّائِي فِيهِ، وَلِأَنَّ التَّحَدُّمَ الْعِلْمِيَّ يُقْبِلُ الْمُجْتَمِعَ.

تجربة قنبلة نووية في صحراء نيكاها، بالولايات المتحدة الأمريكية.



## إيجابيات العلم وسلبياته

يعتمد عالمنا الحديث على التلغونات والكهرباء والسيارات واكتشافات واختراعات علمية أخرى لا تحصى. فحياة الملايين من البشر أتت بفضل أدوية كالپنسلين، أو لقاحات كلقاح الجدري. غير أن بعض الناس يحملون العلم مسؤولية بعض الكوارث العالمية النطاق كالقنابل الذرية والتلوث. وترقني طبقة الأوزون.



## مُتَوَاتِلُ شَخْصِيَّةِ

كثير من الناس يتخذون العلم مهنة لأنه يقدم لهم تحدياً مثيراً. فتحقيق اكتشاف علمي يارز قد يجلب معه الشهرة العالمية والثروة والجوائز المهمة كجائزة نوبل.

اللدرد نوبل (١٨٣٣-١٨٩٦)

## العلماء - من هم؟

العلماء المعاصرون رجال ونساء محترفون اختصاصيون، يستهدفون بأعمالهم تقضي الكون من حولهم. وابتدأ طرقي فاعلة جديدة لإستخدام موارده. قليل من العلماء يصبح من المشاهير إثر اكتشافات باهرة فذة، ولكن الملايين منهم، يعملون الدؤوب الدقيق والمُضَيِّط، يُسهمون بتقديم المعرفة العلمية وتحسين نوعية الحياة.



لويس باستير (١٨٢٢-١٨٩٥) شكك في لقاح لداء الكلب.

## قريبُ البحوث

الاختبارات العلمية الحديثة بالغة التعقيد، لذا نجد مجموعة الباحثين يعملون كفريق. كل عضو منهم يسهم بمعارفه وبمهاراته الخاصة لإنجاح العمل. بعض العلماء ينظمون عمل الفريق ويوقعون أجهزة الاختبارات.



## الأجهزة والمعدات العلمية

تحتل المناطق المملوءة بالهاليوم أجهزة القياس إلى الجو لجمع المعلومات عن درجات الحرارة والضغط وسرعة الرياح على ارتفاعات مختلفة.



تقيس هذه العالمة سرعة التخليق الضوئي في حقول لإنتاج الزيت من بذر المشجج.

عالمة تجري تجارب في الهندسة الوراثية.

## الحواسيب

كثيراً ما تستخدم التجارب العلمية الحواسيب لإجراء الحسابات الرياضية القوية المعقدة بسرعة ودقة. وبمقدور هذه الحواسيب أيضاً تخزين وتنظيم مجموعات ضخمة من الحقائق والمعلومات.



## أين يعمل العلماء؟

تصور وتصور عادة أن العلماء يعملون في مختبرات، لكن الكثير من الدراسات العلمية ينبغي إجراؤها خارج المختبرات. فعلم البيئة (دراسة النباتات والحيوانات في بيئتها الطبيعية)، وعلم الأرصاد الجوية (دراسة الطقس)، والبيئة (علم تطوير وتحسين المحاصيل الزراعية) كلها مجالات علمية تتطلب تجارب على الطبيعة خارج المختبرات.



## الاختبارات العلمية

إجراء التجارب أساسي وضروري لازدهار العلم. فباختبارهم نتائج تغيير بسيط في العالم الطبيعي يستطيع العلماء الحصول على معلومات وأفكار عن أسرار الطبيعة. وباختبارهم النظريات المختلفة ومقارنتها، يستطيعون اختيار أفضلها لتعليل أحداث الكون من حولهم وتطوير معدات وكيمائيات وتقنيات جديدة فعالة.

### الملاحظة

بعض الاكتشافات المهمة - كاختراع البطاريات الكهربائية الذي بدأ في القرن الثامن عشر بتجارب على الصفادع - هي نتيجة لملاحظات العلماء حول أحداث غير عادية وإدراكهم لأهميتها ودلالاتها.

الجناء الضوء

التي تبث من أحد النجوم بقل جانبية الشمس.



البياترو فولتا ونظاريته الكهربائية، 1799.

### التجارب

لا سبيل للتأكد من صحة الأفكار الجديدة وصدق فاعليتها إلا بالتجربة. فقد اخترت نظرية النسبية لألبرت أينشتاين خلال كسوف الشمس لرؤية ما إذا كان الضوء من نجم بعيد ينحني، كما تقول النظرية - فكان أن انحنى فعلاً. كذلك جرّب لويس باستير لقاح داء الكلب على صبي كان قد عضه كلب. كما



يُصمم العلماء أيضاً تجارب لبيان أي من نظريتين متنافستين أفضل لتفسير ظاهرة طبيعية معينة.

### تجميع المعلومات

بناية ووفقاً بالقياس، يقوم العلماء بتجميع المعلومات التفصيلية عن كل شيء في العالم من حولهم وبنادلوها. فالنظريات العلمية تعتمد على تفسير وتعليل هذه المجموعة الهائلة من المعلومات. وقد أسهمت النظريات الحاسوبية في تجميع هذه المعلومات وتحليلها أكثر فعالية.



### التقصي والاستكشاف

سواء أكانوا يتقصون تأثيرات غبار جديد، أم البنية الباطنية للذرة، أم حياة فلفين، أم طبيعة الشمس، فالعلماء يجرون التجارب لاستقصاء طبيعة الأشياء.

### البرهنة العملية

قد تكون الاختبارات مفيدة في إقناع الناس بصحة إحدى النظريات العلمية. ففي تجربة خطيرة شيرة ضمنت لبرهنة أن التفرغ البرقي هو شكل من الكهرباء، طير بنجامين فرانكلين (1706-1790) طائرة ورقية أثناء عاصفة رعدية لجذب الكهرباء من الجوّ.



## التقنيات والأساليب العلمية

تتخذ جميع الأعمال العلمية طرقاً مُتَّسقة ومنهجية. وقد طوّر العلماء أساليب متنوعة لمعالجة أنماط المعلومات المختلفة.

### التصنيف

يُصنّف العلماء الأشياء لإنجاز عنصر النظامية في الطبيعة. فقد نظمت النباتات والحيوانات في أجناس وفصائل. وفي مجال الكيمياء، برُتّب الجدول الدوري للعناصر في مجموعات دورية تُبين العلاقات فيما بينها.

### القياس

للقياسات الدقيقة دورٌ حاسم في مجالات العلم والهندسة الحديثة. لذا كان على العلماء إيجاد الوسائل والطرق لقياس المسافات الهائلة العظم، كالتي بين النجوم، بالعناية والدقة أيضاً. اللتين يقسوس بهما حجم الخلايا البيولوجية والأبعاد المتناهية الصغر للذرات والجزيئات.



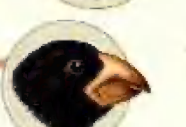
معدّنة التركيب تُطلق في الفضاء.

### المعدات

الأجهزة المتطورة تُمكن العلماء من معاينة دواخل الذرات المتناهية الصغر كما المجرات المتناهية البعد، ومن اكتشاف خفايا الطبيعة الخفية وأسرارها.



قسم تشارلز داروين الطيور المُفَرَّدة التي رآها في جزر غالاپاغوس إلى أنواع مختلفة.



يُستخدم الميكروسكوب الإلكتروني في دراسة الخلايا المجهرية.

## النماذج والنظريات

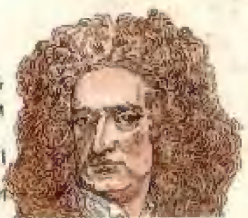
كما تُستخدم الكرات الجغرافية كنماذج مُصَغَّرة للأرض، هكذا يُطوّر العلماء النظريات، ويصنّعون القوانين الطبيعية، ويرسمون النماذج الرياضية لبيان نظام الكون وتعليله.

### النظريات

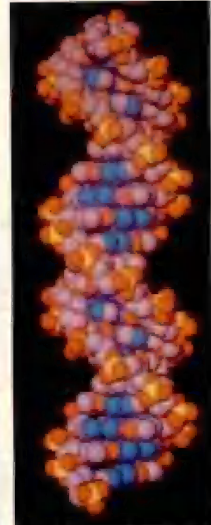
يسهدف العلماء في ما يضعونه من نظريات ليس فقط لتعليل المعلومات المجمعة بنجاح، بل شرح علاقة الأحداث المختلفة بعضها مع بعض والتنبؤ بنتائج اختبارات وأحداث مُستقبلية.

### النماذج الرياضية

قانون الجاذبية الشهير لاسحق نيوتن هو نموذج رياضي يُعلّل تماسك الكون بعضه مع بعض.



إسحق نيوتن (1643-1727)



رسم نموذجي حاسوبي يُبين البنية المزدوجة اللولبية لجزيء د ن أ.

### النماذج الطبيعية

القلوب المُزفَّوج هو نموذج طبيعي لينة خُزيء د ن أ، المركّب الكيميائي المسؤول عن خفايا الوراثة.



# إشارات ورؤوس السلامة

نُصادفُ في حياتنا اليومية أشياء وموادَّ خطيرة أو سامة، لكن ليس من السهل دومًا التنبُّه إليها. فللمُساعدة في التعرف على أمثال هذه المواد وتجنُّب أخطارها، وُضِعَتْ رؤوس وإشارات السلامة.

وتتألَّف هذه من صُورٍ وكلماتٍ تحذيرية تُنبِّه إلى مكانٍ الخطر. وإنَّه لَمِنَ الضروريِّ لك تعرُّف هذه الإشارات والرموز والتقيُّد بمُزامينها من أجل المحافظة على صحتك وسلامتك.

## في المُختبر المدرسي

العناية الفائقة والأشياء الشديد ضروريًا عند إجراء أيَّة تجربة في المُختبر، فبعض الكيماويات سامَّة، وإحماؤها بعضها الآخر، فوق حارُّوق أو بُرِّز، قد يكوِّن خطرًا إذا لم تُراعِ الإجراءات الصحيحة. كما إنَّ العديد من المواد السَّخِيرة ذو روائح حادَّة نفاذة، قد تُسبِّب أعراضًا غير حميدة إذا ما استنْشِثت.

ضع نظارات واقية دومًا،  
واحترس من الثياب القضاضة،  
(والقفازات، اشكلي شغرك  
الطويل إلى الوركاء).



اغسل يديك



ضع نظارات



كيماويات خطيرة



خطر بيولوجي



مواد سامة



البنس كمامة



لبس لباس واقية



خطر التيار



كيماويات خطيرة

## في البيت

العديد من المنظفات المُستخدمة في المنازل يحمل ثبهاً ورموزاً تُحذِّر من سُُمِّيَّتها إذا ابتلعت أو استنْشِثت أو تُركت تلامس الجلد فترة طويلة. عليك دومًا أن تغسل يديك بعد استخدام المواد الكيماوية، ولعلَّه من الضروري أحيانًا ارتداء لباسٍ واقٍ.

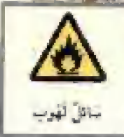
إشترش دومًا  
برأي من هو أكبر منك  
سببًا قبل استعمال أي مادة في البيت.  
إنَّ المواقع المُتعلِّقة بخاضبة قد  
تكوِّن شديدة السَّخِيرة.

## في الشارع

وأنت تسير في الشارع، أنبه إلى رموز وإشارات السلامة. إنَّ مواقع الإنشآت وشخطات المحروقات يخاصة قد تكون خطيرة. رؤوس وإشارات السلامة تساعدك في تجنُّب المخاطر.



ممنوع التدخين



مقابل لهوب



ضع قناع اللحام



ضع واقية الأذن



البنس حذاء عالي



يُخطِر القانون  
على المشاة عبور  
بعض الطُّرُق  
المُخصَّصة  
للشركات العالية.



ممنوع المشاة



خطر الإشعاع



خطر الانفجار



# المادّة

كُلُّ ما يخطرُ ببالك يتألّف من المادّة - إن كان الكتاب الذي تقرأه، أو الكرسي الذي تجلس عليه، أو الماء الذي تشربه. عَرِّفَ أن المادّة ليست فقط تلك الأشياء التي تستطيع لمسها، فهي أيضًا تشمّل الهواء الذي تستنشق والكواكب والنجوم في فضاء الكون الرَّحيب، كما كُلُّ الكائنات من حيوان ونبات وجماد. تتألّف المادّة بمُختلف أنواعها وأشكالها من جُسيمات دقيقة تُدعى ذرّات؛ وهذه تتألّف بدورها من جُسيمات دون الذريّة أصغر بكثير من الذرّات. علّم الكيمياء يدرس تركيب المادّة، وكيفيّة ترابط الذرّات بعضها مع بعض لتُكوّن الموادّ المُختلفة.



## تكوين المادّة

يُعتقدُ معظمُ العلماء أن كُلّ مادّة الكون تكوّنت بانفجار هو الانفجار العظيم (إلى اليمين)، عَقبَ حرارة وطاقَة عظيمتان جدًّا. وبعد ثوانٍ معدّودات تحوّلَت بعضُ حُرُم الطاقَة إلى جُسيمات دقيقة، ثُمَّ تحوّلَت الجُسيمات الدقيقة إلى ذرّات. تُؤلّف الكون الذي نعيش فيه.



## المادّة الحيّة

الأرض هي موطن الكثير من الكائنات الحيّة من نباتات وحيوانات على اختلاف أنواعها. ورُغم أن الفراشة، مثلاً، تبدو مختلفة جدًّا عن الصخر، فإن كليهما يتألّف من ذرّات. لكن هذه الذرّات ترتبط بشكلٍ مختلفٍ لتُكوّن الشيء الآخر.



## المادّة الجماد

مُعظم الموادّ في الكون جماد، لا نبات ولا حيوان، أي إنّها لا تنمو ولا تتوالد ولا تتحرّك ذاتيًّا. والصخور، تُكوّن الأرض التي نعيش عليها. هي من الجماد.

## جُسيمات المادّة

يُستخدمُ العلماء حُجْرة الفُقااعات لتعيين أنواع الجُسيمات دون الذريّة. حُجْرة الفُقااعات تحوي هيدروجينًا سائلًا على درجة حرارة تقارب درجة غليانه. فالجُسيمات المادّة عبّر الهيدروجين السائل تسيبُ غليانه تاركةً في إثرها رَنَلًا من الفقاع. ومع أن الجُسيمات نفسها لا تُرى، فالمسالك الفُقاعية التي تتركها وراءها يمكن رؤيتها يُسرًا وهي مخيطة النمط لكل نوع من الجُسيمات.



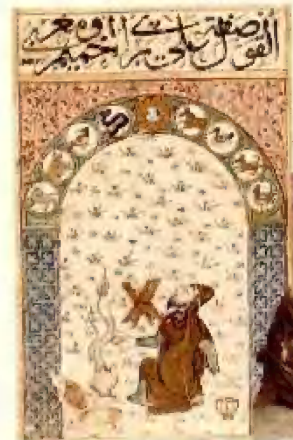
## علم الكيمياء

تغيّر الكيمياء الفرنسي، أنطوان لافوازييه (1743-1794) مؤسس الكيمياء الحديثة. فقد بيّن لافوازييه بأخباراته الدقيقة أن الموادّ المُحتَرقة أثقل وزناً منها قبل الاحتراق (وأن هذه الزيادة يمكن إزالتها باحتراق المادّة بالفحم النباتي)، واستنتج أن ذلك عائد إلى اكتساب المادّة المُحتَرقة غازًا من الهواء (تخلّفه عند احتراقها) أسماءً الأوكسجين. وقد عملت ماري لافوازييه (1758-1836) على ترجمة أعمال زوجها، وقامت بحملاتٍ منظّمة لإثرونها.

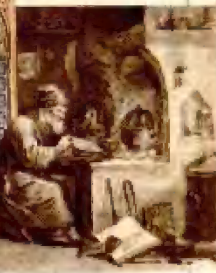
## أصول علم الكيمياء

منذ مئات السنين، وقيل أن يتعرّف أحد الذرّات، كان الكيميائيون، الكيميائيون القدماء، يقومون ببعض التجارب لتعرّف ماهيّة الموادّ وتراكيبها. وقد حاولوا عبثًا تحويل بعض الفلزّات الحُسيّة كالرصاص إلى ذهب، كما يَحْتَوَى، وعبثًا أيضًا، عن إكسير الحياة، الدّواء الذي في رُغمهم، يُكبّد الإنسان شيطانًا دائمًا. وكان من بين الكيميائيين كثير من النساء، كما يشهد بذلك الاسم اللاتيني للكيمياء «أويس ملييروم» الذي ترجمته «شغل النساء».

هذه صفحة من مخطوطة عربية من القرن الرابع عشر.



كيميائيون في أثناء العمل.





# حالات المادة

الجبال والبحار والهواء الذي يكتنفها تمثل الحالات الطبيعية الثلاث للمادة. فالجبل يتألف من صخر جامد، والبحيرة تتألف من سائل هو الماء، والهواء الذي نستنشق غازي القوام. معظم الجوامد صلبة ذات شكل وحجم محددين - رغم أن بعضها كالمقلاط ذو شكل يمكن تغييره. والسوائل ذات حجم محدد أيضا، لكن لا شكل ثابت لها وهي سيالة. أما الغازات فليس لها حجم ولا شكل محددين، وهي أيضا سيالة، ومعظمها عديم اللون لا يرى. وتدعى السوائل والغازات مجتمعة بالموائع لأنها تسيل أو تنساب. ويختلف سلوك الحالات الثلاث للمادة لأن جسيماتها تتحرك بأشكال مختلفة.



## الحالات الثلاث

الصورة أعلاه لليابغ الحارة في ويوتا، بنوميلندا، تبين الحالات الثلاث للمادة في موقع واحد. فالصخر جامد، والماء سائل، والبخار المتصاعد غاز.

## السوائل

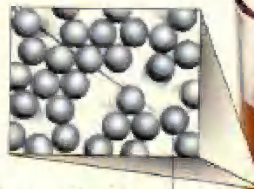
عندما نضرب شرابا في كوب، فالسائل يتخذ شكل الكوب مهما كان. أما إذا اندلق السائل فإن شكله يتغير. وإذا صببت السائل في وعاء آخر، فسيغير شكل السائل أيضا، لكن حجمه يبقى ثابتا.

## الغازات

تتغير الغازات إختلا الحيز الذي تتواجد فيه لأن جسيماتها سريعة الحركة. لذا فالغاز ليس له حجم أو شكل معين بل هو يتخذ شكل الوعاء المتواجد فيه. فهذا البالون، الليغاني الشكل مثلا، ممتلئ بغاز الهليوم. والأشياء تفرغ الغاز بسهولة لأن جسيماته بعيدة بعضها عن بعض. الشئ نمشي عبر الهواء دون أن نشعر بشيء؟



جسيمات الغازات تتباعد جدا وتتحرك بسرعة كبيرة. أما تأثير بعضها على البعض الآخر فمستحيل جدا.



جسيمات السوائل تتجاذب فيما بينها وتتلاصق سقا في حزم تتزلق بعضها فوق بعض وتتحرك بحركة.

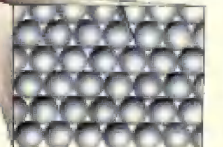


## الجوامد

الجوامد، كالكتب مثلا، لها شكل معين. وليس من السهولة تغيير ذلك الشكل، لأن جسيمات الجسم الجامد مترابطة بعضها مع بعض برباط قوية تجعل بنية الجوامد بنية صلبة.

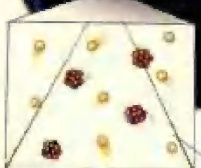


جسيمات الجوامد مترابطة سقا، وهي تتجاذب فيما بينها بقوة كبيرة تمنعها من التحرك بحرية. جسيمات الجوامد تهتز (تقذذب) في مواقعها فقط.



## البلازما

هنالك حالة رابعة للمادة تدعى البلازما، لكنها غالبا لا نشاهد. فهي تتواجد فقط على درجات الحرارة العالية جدا داخل الشمس والنجوم الأخرى، أو فوق الأرض على طبقات خفيفة. تتألف البلازما من ذرات منشطة بفعل الحرارة أو الكهربائية الهائلة الشدة، تحوي الكثرة، في الصورة المقابلة، إلكترونات مركزيا محاطا بالبلازما. فإذا لمسست سطحها، تفرغ ومضات من مركز الكثرة إلى يدك، مستقلة غير مسالك في البلازما تكوّن الذرات المنشطرة.



الجسيمات الناتجة عن الذرات المنشطرة تدعى أيونات وإلكترونات.



## حالات المادة في خدمتنا

الجوامد والسوائل والغازات حولنا في كل شيء، وتخدمنا في عدة مجالات. في دراجتك، مثلاً، ترى حالات المادة الثلاث تعمل متكاملة بانسجام. فالعديد من أجزاء الدراجة مصنوع من الجوامد، حتى نقاط عجلتها - رغم أنه قرون يتغير شكله على مقلبات الطريق - والهواء المضغوط يملأ العجلتين؛ والزيت سائل لا يذمه على سبيل الدراجة وأجزائها المتحركة كافة.

## الجوامد في خدمتنا

هيكل الدراجة جاسي صلب، وإطارا العجلتين وبرامتهما صلبة متينة. نجس الهيكل أساساً لبيبة الدراجة ونماذجها. وفولاذ الإطارين والبرامق الصلب تحفظ دقة استدارة العجلتين؛ وهذه الدقة ضرورية ومطلوبة لسلامة التروج.

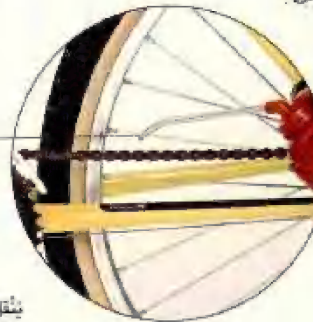


## السوائل في خدمتنا

السوائل كلها سيالة، وبعضها أكثر سيولة من البعض الآخر. لزوجة السائل مقياس يحدد سرعة أو بطء سبيله. فالماء يساير بسهولة لأنه قليل اللزوجة، أما الزيت فثقيل بطء لأنها أشد لزوجة. ونستخدم السوائل اللزجة، كالزيت، بين الأجزاء المعدنية المتحركة لتقليل الاحتكاك فيما بينها، ويعرف هذا بالتزيق.

يمكنك تقليل حجم الغاز بخشره في خبز أصغر. كما يمكنك خشر كميات شتازيدة من الغاز في الخبز نفسه، وهو ما يحدث عندما تنفخ عجلة الدراجة.

يتمكّن الزيت على سبيل الدراجة يزل الأجزاء المتحركة ويقيها من البلى المربع بالشحاح.



## الغازات في خدمتنا

بخلاف للجوامد والسوائل، فالغازات لا حجم ثابت لها، أي أنك تستطيع ضغط الغاز أو تقليل حجمه. والغازات ضغوطة (تنضغط) لتواجد فراغات جمة بين جسيماتها. فإذا مرّ دولا ب دراجة فوق مطب أو ارتطم بجسم صلب، يضغط الهواء داخله فتحد رجة الصدمة، ويخث إحساس راكب الدراجة بها.

نشأ لدينا المكبح على جانبي قرص الدولا ب يضغط السائل.

ينقل الكباس الضغط من دقسة المكبح.

تضغط دقسة المكبح.

يشري الضغط غير سائل المكبح.

## المكايح الهيدروليّة

نستخدم السوائل في المكايح القديمة في السيارات لأنها لا تنضغط بسهولة. أي أنك إذا ضغطت السائل، فالقوة المبدولة تنتقل كاملة غيرة. فعندما يضغط السائق دقسة المكبح، ينقل الضغط غير الكباس إلى السائل في أنابيب المكبح، وهذا يجعل البليتات تقيس قرص الدولا ب بشدة. فتوقف الدولا ب على الفور، ويعرف ضغط السائل هذا بالضغط الهيدرولي.

قرص الدولا ب

الطياريات حشرات خفيفة جداً تسير فوق الماء بفعل التوتر السطحي - شديدة باقدامها تقراً صغيرة على السطح فقط.



## التوتر السطحي

تجاذب جسيمات الماء فيما بينها - قسّد بعضها نحو بعضها الآخر بالتساوي في جميع الاتجاهات. غير أن الشد على جسيمات السطح بالاتجاه السفلي أزيد إذ لا وجود لجسيمات ماء فوقها تشد في الاتجاه المعاكس فيد السطح التوتر كشفاً رقيق مملوط. وهذا يمتكّن سطح الماء من حمل الحشرات الخفيفة الشائرة فوقه.

## لمزيد من المعلومات انظر

- تغيرات الحالة ص ٢٠
- خصائص المادة ص ٢٢
- الترايط الكيميائية ص ٢٨
- الظروية الحركية ص ٥٠
- شلووك الغازات ص ٥١
- القوى في الموائع ص ١٢٨
- الشخص ص ٢٨٤



# تَغْيِرَات الحالة



## الطنج على ضغط مرتفع

تعتمد درجة غليان السائل على الضغط الشكثف، فتتخفف درجة الغليان بانخفاض الضغط، لأن الجزيئات يمكنها الإفلات. كغاز، بسهولة أكثر حينئذ. أما عند ازدياد الضغط فإن درجة الغليان ترتفع لأن الجزيئات ما عادت تستطيع الإفلات بسهولة. في القدر الضغط ترتفع درجة غليان الماء بارتفاع الضغط، وينضج الطعام بسرعة أكثر على درجة الحرارة المرتفعة.

إذا نُقِلَ زيتًا ساخنًا بملعقة لدائنية فإن الملعقة تنصهر. فاللدائن جامدة على درجة الحرارة والضغط العاديين. لكن بتغيير الظروف تتغير حالتها كسائر الجوامد. كذلك إذا وضعت عصير البرتقال في المجمدة، وهو سائل في الظروف العادية، فإنه يتجمد. وإذا زقرت على لوح زجاج بارد، فإن بخار الماء (الذي هو غاز عادة) في زفيك سيتكثف إلى قطرات من السائل. وإذا شعت الشمس على تلك القطرات، فإن حرارة أشعتها تعيد القطرات ثانية إلى غاز يتحرر في الهواء مُجددًا. والواقع أنه حتى أصلب الصخور تنصهر على درجات الحرارة والضغط العالية جدًا المتواجدة تحت القشرة الأرضية. إن معظم المواد التي نعرفها تتحول من حالة إلى حالة أخرى عند تغيير درجة الحرارة والضغط بقدري معين.

## من جامد إلى غاز

إذا أحميت جامدًا حتى درجة الانصهار، فإنه يتحول إلى سائل. وإذا تايغت الاحماء فإن السائل يبلع درجة يبدأ عندها بالتحول إلى غاز، وهذه هي درجة الغليان. على هذه الدرجة، تكسب جسيمات السائل من الاحماء المستير، طاقة كافية ليتحرر بعضها من بعض، فتتكون في السائل قطاعات من الغاز. لكن نذكر أن السوائل تتحول دومًا إلى غاز ببطء حتى على درجات حرارة دون درجة الغليان، وهذا يدعى التبخر.



## التصعيد

أحيانًا يتحول الجامد إلى غاز مباشرة، وهذا يُعرف بالتصعيد. الجليد الجاف يتصعد مباشرة إلى غاز، لذا يُستخدم على خشبة المسرح لتوليد سحب مستغرية مثيرة. إن الجليد الجاف هو في الحقيقة ثاني أكسيد الكربون المشدّد، ويدعى الجاف لأنه يتحول إلى غاز مباشرةً متجاوزًا حالة السائلة.

## الغاز

تتسارع جسيمات الجامد بالقدر الكافي لتقلت فتتحول إلى غاز. أو تتناقص سرعة جسيمات الغاز لتتحول إلى جامد، تتذبذب جسيمات الجامد بسرعة أكثر فيلساك بعضها فوق بعض لتكوز السائل. أو تتناقص سرعة جزم الجسيمات في السائل فتتحول إلى جامد.

## التكثف

تتجمع قطرات من الماء على ثوب زجاجي بارد لأن جسيمات بخار الماء في الهواء المُعَامِل للكون تتحول إلى ماء. الزجاج البارد ينزع طاقة من الجسيمات فيحولها إلى سائل.

## التبخر

يجف الجير السائل لأن الماء فيه يتحول إلى بخار ويتصاعد في الهواء. ويتم هذا لأن بعض جسيمات الماء تكسب ما يكفي من الطاقة للإفلات فتتحول إلى غاز.

## السائل

## الانصهار

جسيمات الجامد متراصة معًا بقوة، لكنها عند الاحماء تترايد ذيليتها أكثر فأكثر حتى تقلت من مواقعها الثابتة وينساب بعضها فوق بعض فتتحول إلى سائل. مثل هذا يحدث عند انصهار قطعة من الشوكولاته.

## التجمد

يتجمد السمع المتفلتر من شمعة مُصاعة بسرعة. وذلك لأن الجسيمات، التي تسارعت وسالت بحرارة اللهب، تتناقص سرعتها مجددًا عند زوال الحرارة فتتراص فيما بينها. وعندما تقل سرعتها بقدر كاف، تثبت في مواقعها وتتجمد.





## حالات الماء

الماء فريد في كثرة تواجده بالحالات الثلاث للمادة في حياتنا اليومية. فهو في حالة الجمود ثلج أو جليد، وفي حال السيولة ماء، وفي الحالة الغازية بخار. وخصائص الماء في حالاته الثلاث هذه مهمة لكل شيء على الأرض؛ فالنباتات والحيوانات، مثلاً، تحتاج الماء باستمرار من أجل بقائها.



معظم المواد اعمى كثافة في حالة الجمود منها في حالة السيولة. لكن الجليد اخف من الماء فيطفو فوقه.

الماء تحت الجليد اسخف من الهواء الخارجي، لذا يبقى عجل البحر والحيوانات الأخرى التي يقطن بها على قيد الحياة.

### دورة الماء في الطبيعة

الماء (السائل) يتبخر، والثلج (الجامد) يتصعد، في الهواء. وبخار الماء يتكثف إلى قطرات مكونة السحب في الجو، ثم تسقط القطرات عائدة إلى الأرض مطراً أو ثلجاً - في دورة متوالية دون انقطاع بالغة الأهمية لكل شيء على الأرض.

يتدفق عجل البحر بخار الماء مع الزفير أثناء التنفس.

### بخار الماء

في درجات الحرارة المرتفعة يتبخر الماء بسرعة. ففي الغابات الاستوائية مثلاً - جنوبي أمريكا - حيث المطر وفير غزير ودرجات الحرارة مرتفعة، التبخر سريع لا يتقطع؛ لذا فالهواء رطب جداً (مُشبع ببخار الماء). وهذا يفسر تواجد أنواع خاصة من النباتات، كالسحليات (الأوركيد)، في هذه الأصقاع تأخذ حاجتها من الرطوبة مباشرة من الهواء، لا من التربة.

تنخفض درجة التجمد عند زيادة الضغط على الجليد بفعل وزن المنزلج، فينصهر الجليد تحت شفرة المنزلج.

### التغيرات بالضغط

يمكن بالضغط تحويل المادة من حالة إلى أخرى. فالمنزلج على الجليد يمكن لأن المنزلجتين تنزلان على الجليد فوق طبقة رقيقة من الماء. إن ثقل المنزلج المركّز على شفرة المنزلج يحدث ضغطاً عالياً جداً تحته. وهذا الضغط يسبب الجليد حال مرور (شفرة) المنزلج فوقه.

تضغط الشفرة على الجليد

ينصهر الجليد تحت الشفرة فتزلق يمشي عليه.

يعد الجليد المكتنف تجسداً للماء خلف المنزلج.

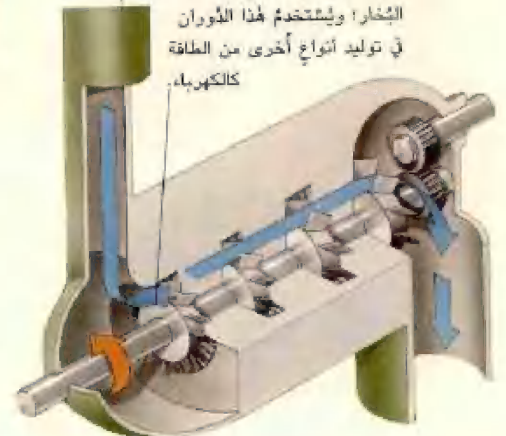


### الجليد المتمدد

لعلك لاحظت (أو سمعت عن) تلجر أنابيب المياه في طقس شديد البرودة. والسبب في ذلك أن الماء داخل الأنابيب يتمدد خلال عملية التجمد فيفجرها.

يندفع البخار الساخن إلى داخل التربين تحت الضغط

مدار أرياش التربين بطاقة البخار؛ ويستخدم هذا الدوران في توليد أنواع أخرى من الطاقة كالكهرباء.



### لمزيد من المعلومات انظر

- حالات المادة ص ١٨
- المحاليل ص ٦٠
- كيمياء الماء ص ٧٥
- الماء - معالجة وصناعاته ص ٨٣
- تكوين الأرض ص ٢١٠
- دورات في الغلاف الحيوي ص ٣٧٢



# خصائص المادة

يُصنَع الكثير من أواني المطبخ كالكُفّ والغلّيات ذوات المقابض من الفولاذ واللّدائن - الجسم من الفولاذ والمقبض لدائني. والسبب البسيط هو أنّ الفولاذ مُوصِّل جيّد للحرارة، فيسمح بانتقالها إلى الماء كي يغلي أو إلى الطعام كي يتصّح. أمّا اللّدائن الجيدة العزل، فتمنع وصول الحرارة إلى أيدينا. فالعزل الجيّد أو الموصليّة الجيدة مثل على خاصة معينة من خصائص المادة. بعض هذه الخصائص، كالموصليّة، يمكننا قياسه؛ أمّا بعضها الآخر، كالرائحة مثلاً، فبمقدورنا وصفه فقط. يقيس العلّماء خصائص العديد من المواد المختلفة على درجة الحرارة والضغط العاديين كي يستطيعوا المقارنة فيما بينها بدقة.

بإستطاعتك وصف  
الترتالة بتحديد أونها  
وشكلها، وقياسها  
ورائحتها وذاقتها.

## إدراك المادة بالجس

الناس في حياتهم اليومية لا يصفون الأشياء بالطريقة نفسها كما يفعل العلماء. فحين في الغالب تعتمد على حواسنا أكثر من اعتمادنا على القياس بالأجهزة. لكنّ حواس البشر ليست متوافقة ولا مُسحمة؛ كما إنّها تعجز عن قياس شدة الرائحة المبعثة من شيء. كما عن تحديد نوع مذاقه بدقة. وقد يدرك بعض الناس الأشياء بحسهم بشكل مختلف تماماً عن إدراك بعضهم الآخر لها.

## الوزن والكثّة والجسم

يمكنك قياس كثّة الشيء بطريقتين: إمّا بواسطة حجمه أو بواسطة كتلته. فحين مثلاً، تشتري البترين بالجسم (باللتر أو بالغالون) - أي بكتّة الخبز الذي يملأه. ولكنّ تشتري البطاطا بالكتلة (بالكيلوغرام أو بالطن) - أي بكتّة المادة في كيس البطاطا. إنّ حجم الشيء يمكن تغييره بالضغط أو بالحرارة، لكنّ كتلته تبقى ثابتة دون تغيير. أمّا وزن الجسم فهو مقدار القوة التي تُشدّه بها جاذبية الأرض، وتوقف مقدار هذه القوة على كتلة الجسم.

## المقاومة (المتانة)

معظم الغلّيات متينة ضدّ اللدّ لذا تُستخدم في بناء الانشاءات الضخمة، كالجسور المعلّني في الصورة المقابلة. تعلّق مديد الجسر بكتلات فولاذية متينة تُضمّد أمام يّكل الجسر وما يتأثر فوفه. وتُصنّع الأعمدة التي تدعّمه من الخرسانة المسلّحة التي تُضمّد بقوتها ومقاومتها أمام كافة قوى الهزّ الشوثرية على الجسر.

يُستخدم المِسْطِل (الهيدرومتر) لقياس كثافة السوائل. يُغمّس المِسْطِل في وعاء مليء بالسائل النقي، وتؤخذ قراءته بتساوية سطح السائل. يطفو المِسْطِل عالياً في سائل كثيف ويغوص أكثر في سائل أقل كثافة.

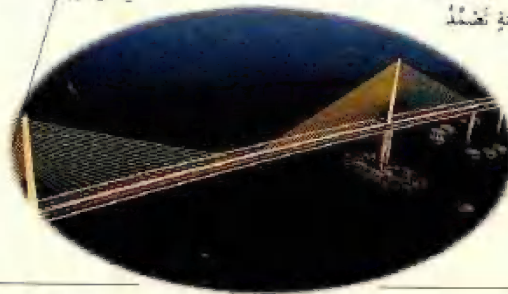
### الكثافة

للجسم نسبة من موادّ مختلفة كتل مختلفة، تبعاً لكثافتها. وكثافة جسم ما هي كتلة السيتير المكعب منه بالغمات. أحياناً تُعطى كثافات الجوامد والسوائل والغازات كثافات نسوية إلى الماء (أي كثافات نسوية).

يقلّ شكلي من  
الخصائص يساري يّقل  
مكعب من الشّعيع يفوقه  
حجماً بـ ١٢ مرة، أو  
يقلّ قطعة من خشبي  
البلسا حجماً أكبر بـ ٩٦ مرة.



وظيفة الرّج هي  
تثبيت الكتلات  
في مواقعها



الغازات دوماً  
تؤتفع كتّاعاً إلى  
سطح السائل لأن  
كثافتها ضئيلة جداً إنّ  
الكثافة النسبية للهواء  
هي ٠,٠١٢ فقط

كحول مُشْتَل: كثافته  
النسبية ٠,٨

زيت الأرة: كثافته  
النسبية ٠,٩

ماء: كثافته  
النسبية ١

زيتون:  
كثافته  
النسبية ١,٢٦

## تجمّ نيوتروني

فلزّ الأوزميوم هو أكثف  
مواد الأرض قاطبة. فهو  
أثقل من الرصاص  
بمترتين وأكثر من الماء بأكثر  
من ٢٢ مرة. غير أنّ أكثف  
مواد الكون هي مادة النجوم  
النيوترونية. فمقدار رأس  
دبوس منها يزن  
مليون طن.

نظم  
نيوتروني

مقدار رأس دبوس  
من نجم  
نيوتروني

كثافة الماء (النسبية) تساوي ١.  
فالسوائل الأقل كثافة تطفو فوقه،  
والسوائل الأكثر كثافة تغوص تحته.



## اللُّدونة

إذا تُجِسَّت بعض المواد، كالإلاستيمين (الطين اللداني) أو السُّجُونَة، يَتَغَيَّر شكلُها ويبقى على تغيره، لذا تُدعى هذه المواد بالمواد اللدنية. هناك أنواع مختلفة من اللدانة كالشُّرُوقِيَّة (قابليَّة التطريق) والتَّطِيلِيَّة (قابليَّة السَّطْل). فالفلزُّ طَرُوقٌ إذا استطعنا تطريقه صفائح رقيقة دون تكسُّر، ومطوَّل (أو مطيل) إذا استطعنا سَخِّجَه أسلاكًا دقيقة دون تقطُّع.

النُّحاس وبعض الفلزَّات الأخرى يمكن سَخِّجُها أسلاكًا أدقَّ من الشُّعْر، فالنُّحاس إذن فلزُّ مطيل.



## توصيل الحرارة

الفلزَّات مُوصِلات جيِّدة للحرارة بسبب بُنيِّها الذَّريَّة. أمَّا بعض المواد الأخرى، كاللدائن والخشب، فمُوصِليَّتها الحراريَّة ضئيلة جدًا أو معدومة، لذا فهي عازلات جيِّدة تصنَّع لتغليف المُوصِلات الحراريَّة. وللسبب نفسه تُصنَّع مقابض الأواني المطبخيَّة، كالعلاليات والفُقدور، من اللدائن.

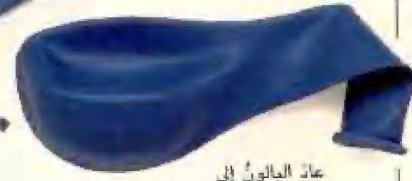
الصانعُ هذا يطريق طاشا من الفضة لصياغته بالشكل المطلوب، فالفضَّة إذن فلزُّ طَرُوق.

ينقل الماء الحرارة بالخلل، ومنه تنتقل الحرارة إلى الملعقة المعدنية بشرعة.

## المرونة

للمقايظ خاصيَّة لافِنة؛ فهو يستطیع بالشدِّ ويتكسُّعُ عائداً إلى حجمه الأصلي عند زوال القوَّة المؤثِّرة. هذه الخاصيَّة تُدعى المَرُونَة. إنَّ مُعظَم المواد، حتَّى الفلزَّات مرِنَة. ولِمَرُونَة بعض المواد حدٌّ، يُدعى حدُّ المَرُونَة، لا تتعبَّد المادة شكلُها وتَحْمِلُها الأصليَّين إذا ما تخطَّته.

استطاع البالون التمرُّ إلى الحد الأقصى



عائد البالون إلى شكله الأصلي بعد الشدِّ.

بعض المواد لُزَّاق أكثر من بعضها الآخر، فالطباشير بالكاد يذوب في الماء، أمَّا السُّكَّر فيذوب بسهولة حتَّى في الماء البارد.

السُّكَّر في الماء البارد

الطباشير في الماء البارد



## القَصَافة

المقايظ تمرُّ في درجات الحرارة العاديَّة. أمَّا هذا البالون الذي جرى غمسه في التبروجين السائل (على درجة حرارة -196°س) فقد أصبح قَصِيفاً يَتَشَقَّق قطعاً عند طَرَقه ببطرفة. بعض المواد، كالزُّجاج، قَصِيفٌ على درجات الحرارة العاديَّة، وبعضها الآخر، كالطين، لَدُنَّ عَادَةً، لكنَّ يُصْبِحُ قَصِيفاً بعد التَّشُّرُّ في أتون أو فُرن.

الطباشير ليس ذَوَاباً حتَّى في الماء الساخن. أمَّا السُّكَّر فتزداد ذَوَابِئُهُ في الماء الساخن، كلما ازدادت سخونة الماء تزداد ذَوَابِئُهُ السُّكَّر.

الطباشير في الماء الساخن

نُقْطَةُ الغليان: عندها يتحوَّل السائل إلى بخار، أو يتكثَّفُ البخار إلى سائل؛ وهي دوماً أعلى من نقطة الإنصهار.



نُقْطَةُ الإنصهار (أو التجمُّد): عندها يذوب الجامد مُتَحَوِّلاً إلى سائل، أو يتجمَّدُ السائل مُتَحَوِّلاً إلى جامد.

## الذَّوَابِئِيَّة

كثير من الجوامد والسوائل والغازات يذوب في الماء، أو في سوائل أخرى، لِتَكُونُ مَحاليل، فنقول إنَّها ذَوَابِيَّةٌ أو ذَوَابَةٌ؛ فالسُّكَّر يذوب في الشاي، والملح يذوب في الماء. المادة التي تَذُوبُ تُسَمَّى المَذَاب، والسائل الذي تَذُوبُ فيه يُدعى المَذِيب. والماء غالباً ما يُدعى المَذِيب العام لأنَّ موادَّ كثيرة جداً تَذُوبُ فيه. خاصيَّة الماء هذه أساسيَّة للحياة، لأنَّ الماء يَطْوِفُ حاملاً المواد المَذَابِيَّة في دم الحيوان كما في نَسَجِ النبات. والحيوانات التي تعيش في الماء تحصل على الأكسجين اللازم لحياتها من المَذَاب منه في الماء.

## توصيل الكهرباء

تُشْرِى الكهرباء غير الفلزَّات بسرعة، لذا فهي مُوصِلات جيِّدة للكهرباء. والسبب في ذلك عائد إلى وجود إلكترونات طليقة الحركة على ذرَّات الفلزَّات. أمَّا اللدائن والزُّجاج والخشب ومُعظَم الجوامد الأخرى، عدا الكربون، فهي مُوصِلات رديئة، أو عازلة، للكهرباء. ولذا تستخدم اللدائن لتغليف المُوصِلات الكهربائيَّة كأسلاك الكبلون.

أسلاك نحاسيَّة ثقُلَّتْ الأسلاك النحاسيَّة بالكامل بمادَّة لدائنيَّة.

## نُقْطَتَا (أو دَرَجَتَا)

### الانصهار والغليان

كُلُّ مادَّة تُعَيَّ لها نُقْطَتَا انصهار وغليان ثابتتان على الضغط الجوي العادي. أمَّا إذا كانت المادَّة شُحُونَةً فإنَّ نُقْطَتِي الانصهار والغليان تتغيران. فالملح على الجليد يُخَفِّضُ نُقْطَةَ انصهاره فيتحوَّل الجليد إلى ماء. وما لم يَشُدَّ التَّقْطُّعُ يَبْقَا ثَلْجٌ يعود الماء الصَّهِيْرُ إلى التَّجمُّد.

### لمزيد من المعلومات انظر

- اليَّة الذَّريَّة ص ٢٤
- الفلزَّات الانصاريَّة ص ٣٦
- الكربون ص ٤٠
- المحاليل ص ٦٠
- التحليل الكيميائي ص ٦٢
- التقطر والغليان ص ١٢٩
- الكهرباء الثَّابِتَة ص ١٤٨
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢



# البنية الذرية

كل شيء حولنا مما يرى ويسمع ويحس ويشتم ويتذوق يتألف من جسيمات دون المجهرية تدعى ذرات، وهي من الدقة بحيث يلزم بضعة ملايين منها لتغطية نقطة الوقف في نهاية هذا السطر. وتتألف الذرة نفسها من جسيمات أصغر بكثير. ففي مركز كل ذرة توجد نواة تتضمن بروتونات ونيوترونات، وتدور حول النواة في أغلفة (طبقات) مختلفة جسيمات تدعى إلكترونات. البروتونات والنيوترونات أثقل من الإلكترونات بكثير، بحيث إن معظم كتلة الذرة يتركز في النواة. بعض المواد مركبات، كالماء أو السكر، تتألف من جزيئات، والجزيئات بدورها تتركب من عدة أنواع من الذرات ترتبط معًا في مجموعات. وبعض المواد عناصر، كالحديد والكربون، تتألف من نوع واحد من الذرات فقط.

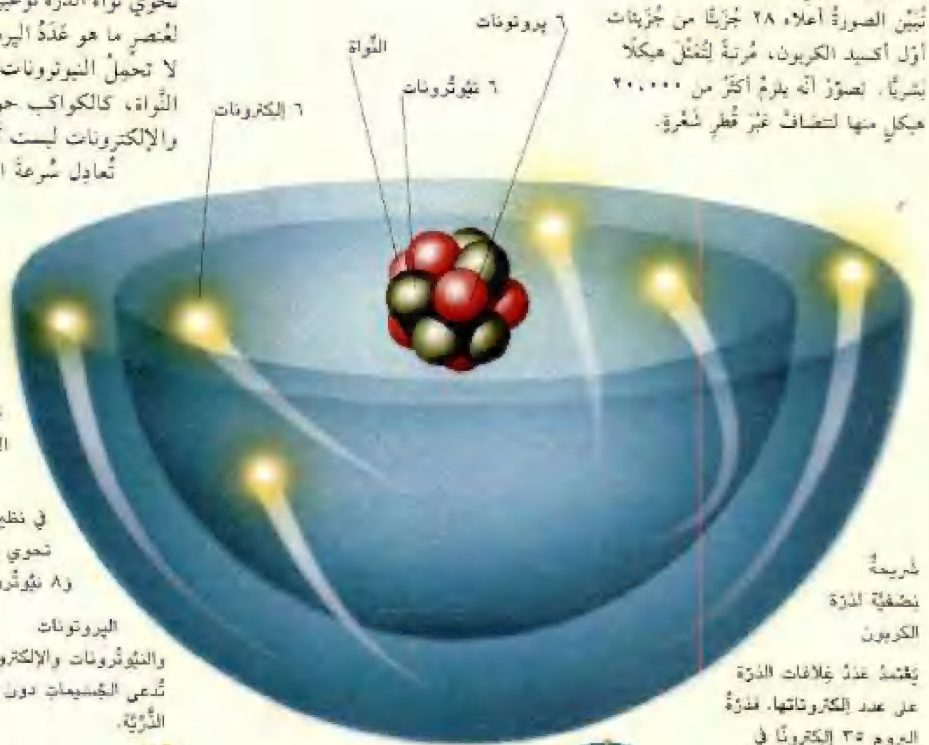


تصوير الجزيء

تبين الصورة أعلاه ٢٨ جزيء من جزيئات أول أكسيد الكربون، مرتبة لتمثل هيكلًا يبرئ. يصور أنه يلزم أكثر من ٢٠,٠٠٠ هيكل منها لتغطى غير قطر شحرة.

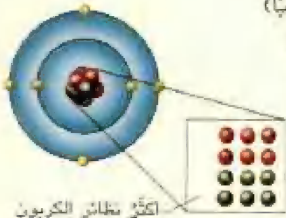
## البروتونات والنيوترونات والإلكترونات

تحتوي نواة الذرة نوعين من الجسيمات: البروتونات والنيوترونات. العدد الذري لعنصر ما هو عدد البروتونات ذات الشحنة الكهربائية الموجبة في نواته، في حين لا تحمل النيوترونات أي شحنة كهربائية. أما الإلكترونات التي تدور حول النواة، كالكواكب حول الشمس، فهي ذات شحنت كهربائية سالبة. والإلكترونات ليست كرات جامدة، بل حزم من الطاقة تتحرك بسرعة فائقة تكاد تعادل سرعة الضوء. عدد الإلكترونات والبروتونات في الذرة متساو، وكذلك شحنتها، مما يجعل الذرة متعادلة كهربيًا.



### ذرة الكربون

يُمثل هذا الرسم شطرًا (مضغفًا) لذرة كربون. تتألف نواة ذرة الكربون من ٦ بروتونات و ٦ نيوترونات. أما الإلكترونات الستة فتتواجد في غلافين.



أكثر نظائري الكربون انتشارًا هو الكربون-١٢، وفي نواته ٦ بروتونات و ٦ نيوترونات.

في نظير الكربون-١٤ تحتوي النواة ٦ بروتونات و ٨ نيوترونات.



البروتونات والنيوترونات والإلكترونات تدعى الجسيمات دون الذرية.



الغلاف الأول لذرة الكربون يحوي إلكترونين. والإلكترونات الأربعة الأخرى تتواجد في الغلاف الثاني.



شريحة نصفية لذرة الكربون. يُقسم عدد غلافات الذرة على عدد إلكتروناتها. فذرة البروم ٣٥ إلكترونًا في أربعة غلافات. وقد يبلغ عدد الغلافات في بعض الذرات مئتيّة.

### النظائر

جميع ذرات العنصر الواحد تحوي عددًا متساوًا من البروتونات، لكن عدد النيوترونات في بعضها قد يختلف، ويُسمى جميع ذرات العنصر هيئته نظائر. فذرة نظير الكربون-١٢، مثلاً، تتضمن ٦ بروتونات و ٦ نيوترونات، بينما تحوي نواة نظير الكربون-١٤ نيوترونين إضافيين؛ وهو ذو فاعلية إشعاعية. وتُعرف النظائر ذات الفاعلية الإشعاعية بالنظائر المشعة.

### أبعاد الذرة

الذرات أصغر من أن تتصلها مِخْلَةٌ الإنسان. فقطر الذرة، الذي يقارب الانغستروم، يعني أن المليمتر يسع لـ ١٠ ملايين ذرة مُتصافّة جنبًا إلى جنب. ورغم صغرهما الفائق هذا، فإن الذرات تتألف في



تُغَطِّمُ الذرة فراغًا خاوًا - حتى في الذرات المُوَلَّدة من جسيمات كثيرة.

### جون دالتون

الفيلسوف اليوناني ديمفريطس (حوالي ٤٦٠-٣٦١ ق.م)، ارأى أن العالم يتألف من جسيمات دقيقة لا تقبل الانقسام أسماها ذرات. وظل مفهومه هذا موضوع نقاش على مدى مئات السنين. وفي العام ١٨٠٨، تقدّم الكيميائي البريطاني جون دالتون (١٧٦٦-١٨٤٤)، بناءً على تجارب أجراها، بنظرية مفادها أن كل عنصر كيميائي يتألف من ذرات متماثلة، وأن العناصر تختلف لأن ذراتها مختلفة. وقد عرفت هذه النظرية منذئذٍ بالنظرية الذرية لدالتون.





## الجسيمات دون الذرية

البروتونات والنيوترونات والإلكترونات في الذرة إن هي إلا ثلاثة جسيمات أساسية من أكثر من ٢٠٠ جسيم دون الذري معروفة اليوم. ويواصل العلماء اكتشاف جسيمات جديدة واصطناع أخرى، مستخدمين آلات عالية القدرة، تدعى مسارعات الجسيمات لتعطيم الذرات والجسيمات دون الذرية، على سرعات عالية جدًا. وهم يطلقون على هذه الجسيمات أسماء غريبة عجيبة مثل كاون وطاقون وإيسيلون وباريون ولامدا إلى غير ذلك.



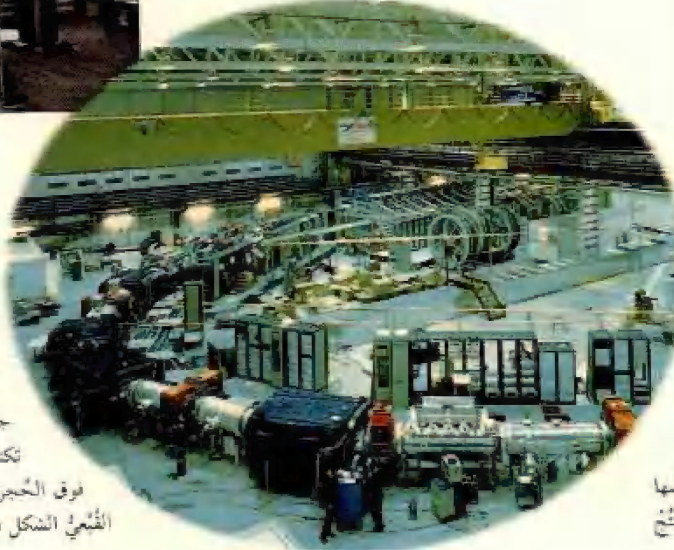
## إرنست رذرفورد

في العام ١٩١١، اكتشف الفيزيائي البريطاني النيوزيلندي المولد، إرنست رذرفورد (١٨٧١-١٩٣٧) أن للذرة مركزًا كثيفًا دقيقًا تتركز فيه كتلتها هو النواة. إذ

كان رذرفورد وزملاؤه يقذفون رقيقة من الذهب بجسيمات ألفا الموجية الشحنة، التي يتألف جسيمها الواحد من بروتونين ونيوترونين، وجدوا أن معظم الجسيمات تخترق الرقيقة دون تغيير مسارها، بينما ينحرف بعضها عن مساره، في حين أن القليل منها عاد مرنثًا إلى الوراء. فثبت بذلك أن شحنة الذرة الموجبة تتركز في نواة صغيرة هي سبب تلك الانحرافات، وأن الذرة بمعظمها فضاء خالي.

## مسارعات الجسيمات

في المسارعات، كهذا السنكروترون (إلى اليسار)، تُرسل حزمة من الجسيمات دون الذرية في مدارات دائرية، ليُعلي كهرومغناطيسات بالغة القدرة، وتُسرع بواسطة نبضات كهربائية. وعندما تبلغ الجسيمات سرعة كافية، تُسخر وتوجه للتصادم بعضها مع بعض. وتُسرع العلماء نالجا بتحليل الجسيمات الجديدة التي تنتج عن هذه التصادمات.



## المخترعون

جون كوكروفت (١٨٩٧-١٩٦٧) وإرنست والتون (١٩٠٣-) كانا أول من طور مسارعا للجسيمات عام ١٩٣٢، ونالا بذلك جائزة نوبل للفيزياء عام ١٩٥١. في الصورة أعلاه، يظهر إرنست والتون جالسا داخل حجرة الغدء حيث اكتشف الجسيمات. الأنبوب الطويل فوق الحجرة هو الأنبوب المسارع، والقسم السفلي الشكل فوقه هو مركز انطلاق الجسيمات.

## الجسيمات دون الذرية

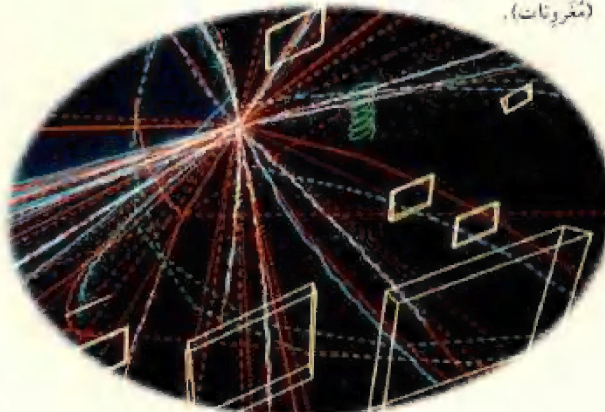
عام ١٨٩٧، اكتشف ج.ج. طومسون الإلكترون. (١٨٥٦-١٩٤٠)  
عام ١٩٠٩، فاسل زوبرت هليكان (١٨٦٨-١٩٥٤) السحابة الشالية للإلكترون.  
عام ١٩١١، اكتشف إرنست رذرفورد نواة الذرة. (١٨٧١-١٩٣٧)  
عام ١٩١٣، اكتشف سيدني نور (١٨٨٥-١٩٦٢) العلاقات الإلكترونية.  
عام ١٩٣٢، اكتشف جيمس شادويك (١٨٩١-١٩٧٤) النيوترون.  
عام ١٩٢٣، نظر لوري غل-سمان (١٩٢٦-) بوجود الكواركات.

تشترك الجسيمات في حجرة الفقاعات.



## في باطن النواة

نعلم حاليًا أن نواة كل ذرة تحوي بروتونات ونيوترونات. وهذه بدورها تتألف من جسيمات أصغر منها تدعى كواركات تتماصك فيما بينها بواسطة جسيمات أخرى تدعى غلوونات (مقرونات).



## مسالك الجسيمات

كثيرًا ما يُستخدم العلماء كاشفات إلكترونية، لتحديد مسالك الجسيمات المؤلفة في التصادمات داخل المسارعات. ويُعالج حاسوب المعلومات المتجمعة ويعرض المسالك على شاشة. ومن خصائص تلك المسالك يستعمل العلماء تحديد كتل الجسيمات التي زعمتها وشحناتها الكهربائية. فالمسلك اللولبي الأخضر مثلا، في الرسم المقابل هو للإلكترون خفيض الطاقة.

## لمزيد من المعلومات انظروا

النشاط الإشعاعي (الفاعلية الإشعاعية) ص ٢٦  
الترابط الكيميائي ص ٢٨  
العناصر ص ٣١  
الكربون ص ٤٠  
لغاطة النوية ص ١٣٦  
الضوء ص ١٩٠  
حقائق ومعلومات ص ٤٠٢



# النشاط الإشعاعي

## التوقُّع الإشعاعي

تُحْتَزَنُ الموادُ المشعَّةُ غالبًا في الماء، لأنَّ الماءَ يعمل كدروعٍ يمتصُّ الإشعاعَ. وقد اكتشف الفيزيائي الروسي، بافل تشيرنكوف، أنَّ شُرُوزَ الجسيمات غيرِ الماء يجعله يَتَمَيَّضُ ضوءًا أزرق (سُمِّيَ أشعةُ تشيرنكوف). فتنال باكتشافه هذا جائزة نوبل.



قُضبان الوقود من  
مفاعل نووي  
يُثَبِّتُ الماءَ أشعةَ  
شيرنكوف

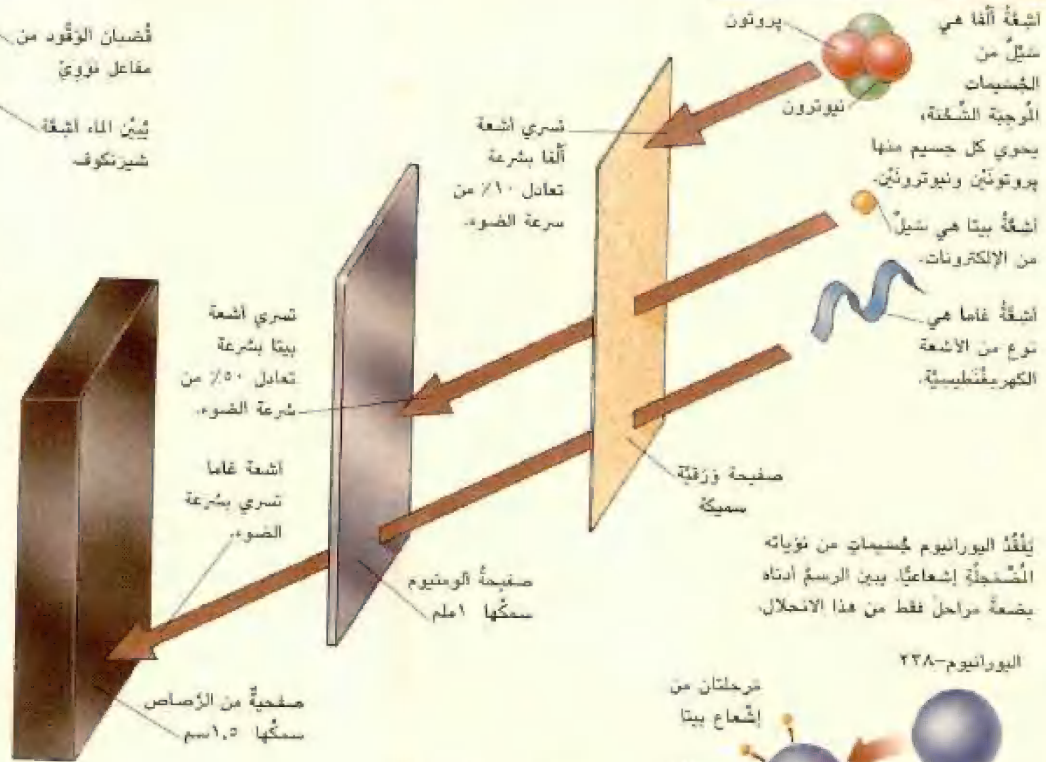
الإشعاع المُستخدَمُ في المستشفيات لمعالجة المَرَضِ سببُهُ تَفَكُّكُ النوى الذريَّة. إنَّ معظمَ الذرات ذاتُ نوى مُستقرَّة - أي إنَّ عدَدَ النيوترونات يبقى مُساويًا لعدَدِ البروتونات، لكنَّ بعضَ النوى في بعض العناصر غيرُ مُستقرَّة وشَطُورة، وهي لذلك إشعاعيَّة. إنَّ عدَدَ النيوترونات في النوى غيرِ المُستقرَّة، وتُدعى النظائر المُشعَّة، يَخْتَلِفُ عن عددها في النوى المُستقرَّة. وعندما تَتَفَكَّكُ هذه النظائر تَبْثُغُ إشعاعاتٍ ويعرف هذا بالاضمحلال الإشعاعي. والمعروف أنه كلما ازداد عدد الجسيمات دُون الذريَّة في الذرة، يزداد الإحتمال بأن تكون مُشعَّة. فذرة اليورانيوم، مثلاً، ذاتُ ٢٣٨ جُسيمًا دُون الذريَّة، وهو عنصرٌ عالي الإشعاعيَّة.

## التنشيط الإشعاعي

عام ١٨٩٦ اكتشف أنطوان بيكريل (١٨٥٢-١٩٠٨) التنشيط الإشعاعي. عام ١٨٩٨ اكتشفت ماري كوري (١٨٦٧-١٩٣٤) وزوجها بيير كوري (١٨٥٩-١٩٠٦) الراديوم والبولونيوم. عام ١٩٣٤ اكتشف بافل تشيرنكوف (١٩٠٤-) أشعة شيرنكوف. عام ١٩٣٤ برهنت آيرين جوليوت كوري (١٨٩٧-١٩٥٦) ابنة ماري وبيير، وزوجها فريدريك (١٩٠٠-١٩٥٨) أنَّ التنشيط الإشعاعي يمكنُ إحداثه اصطناعياً.

## القدرة الاختراقية

تَبْثُغُ النظائرُ المُشعَّةُ ثلاثة أنواع من الإشعاع هي أشعة ألفا وبيتا وغاما، وجميعها تُشكِّلُ خطراً على الكائنات الحيَّة لأنَّ بإمكانها العبور إلى الأنسجة الحيَّة وإعطابها: فإذا تعرَّضَ أحدُ الفُضَر من الإشعاع تعرَّضت حياته للخطر. والمعلوم أنَّ أشعة ألفا هي الأقلُّ ضرراً لجُسيماتها لا تستطيع اختراق صفيحة رقيقة. كما إنَّ جُسيمات بيتا تستلزم صفيحة معدنيَّة لِصُدِّها. أمَّا أشعة غاما، الحادة الاختراقية، فلا يُوقفها إلَّا صفيحة سميكة من الرصاص أو جدارٌ من الخرسانة.



## الاضمحلال الإشعاعي

اليورانيوم-٢٣٨، أكثر نظائر اليورانيوم إنتشاراً، تحوي نواته ٢٣٨ جُسيمًا يتخفَّض عددها مع ابتعاد الإشعاع. ويحدث ذلك في سلسلة من المراحل يتكوَّن في كُلِّ منها عنصرٌ جديد. يُدعى مُعدَّلُ هذا الاضمحلال الإشعاعي مُعَرَّ النصف، وهو الزمن اللازم لاضمحلال نصف ذرات المادة المُشعَّة. إنَّ مُعَرَّ النصف لليورانيوم-٢٣٨ هو ٤٥٠٠ مليون سنة، لأنَّ أثَّة كُتَبَةٍ من اليورانيوم-٢٣٨ تحتاجُ إلى ٤٥٠٠ مليون سنة ليضمحلَّ نصفُ ذراتها إشعاعياً.

## ماري كوري

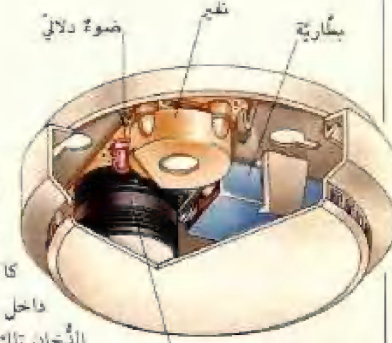


اُكتُشف الفيزيائي الفرنسي، أنطوان بيكريل، الفاعلية الإشعاعيَّة لليورانيوم عندما لاحظ تَعَبُّثًا غير متوقَّع في لوحة فوتوغرافيَّة كانت على مَقَرَّةٍ من أملاح اليورانيوم. إثر ذلك راحت ماري كوري وزوجها بيير يستقصيان اليورانيوم، فوجدا أنَّ البُولُونْد، خامَّ اليورانيوم، هو على درجة من الفاعلية الإشعاعيَّة تُوحِي بتواجد عنصر مُشعَّ آخر بين مقوماته. وكان أن وُجِدا عنصرين هما الراديوم والبولونيوم. وتقاسم بيكريل وماري كوري جائزة نوبل للفيزياء عام ١٩٠٣ لِغَزَلِهِم عنصر الراديوم. وقد ماتت ماري كوري بِدَاءِ اللوكيميا (سرطان الدَّم) ربَّما بسبب تعرُّضها المفرط للإشعاع!



## الاستخدامات المفيدة للإشعاع

الأشعة المؤينة من المواد المشعة قد تكون قتالة، لذا يجب التعامل معها بعناية بالغة. وهي قد تُستَخدم لأغراض نافعة، كما في التطبيقات القليلة ذات البطاريات النووية التي تدوم لمدة أطول بكثير من البطاريات العادية. كذلك فإن الأمراض السرطانية تُكتشف وتُعالج باستخدام الإشعاعات.



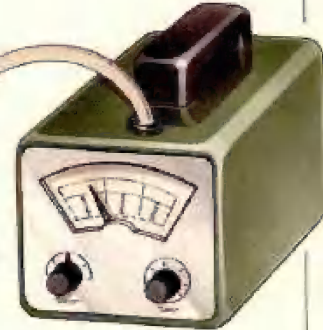
تحتوي خلية التخصُّص مادة شديدة تساعد في اكتشاف الدخان.

### أجهزة الإنذار من الدخان

يحتوي الكثير من أجهزة كشف الدخان مصدرًا نشطًا ضعيفًا كالأمريسيوم-241. إن إشعاعات هذا العنصر تؤيِّن الذرات داخل خلية التخصُّص مُرسلة تيارًا كهربائيًا خفيفًا. فإذا دخل الدخان تلك الخلية، تضطرب الأيونات وينخفض التيار، فتُجسِّس الجهد الكهربائي هذا الانخفاض وتُطلق نغمة الإنذار.

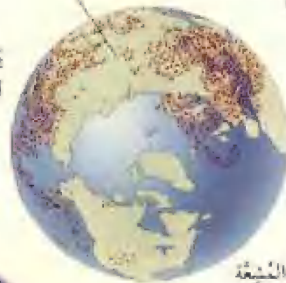
### عداد جيجر

عداد جيجر يكشف ويقيس شدة الإشعاع. وهو يحمل اسم هانز جيجر (١٨٨٢-١٩٤٥)، الفيزيائي الألماني، الذي أنجزه بشكله الحالي. يُعدّ الجيجر الكاشف بالغاز على ضغط خفيف. وهذا الغاز يتأثّر بالإشعاع متبعًا تَنظُّبات كهربائية تُبَيِّنُها إثارة المادة أو سرعة التثاقب مُحددة كمية الإشعاع.



### السَّطْحُ المُشعّ

تحتوي قِطَعُات القدرة النووية كمُثَبِّات كبيرة من المواد المشعة لا تُخطَرُ منها عادة، لكن فيها خطرٌ كامنٌ. أسوأ الحوادث النووية العالمية كان انفجار مفاعل شيرنوبيل النووي، بأوكرانيا، في نيسان ١٩٨٦. فالمواد المشعة التي انقذت في الهواء عادت لاحقًا إلى الأرض تساقطات مُشعَّة، مُلَوِّنة مناطق شاسعة من أوروبا وآسيا، وتُبيِّنُ المخرطة المُقابِلة مناطق التلوث الإشعاعي في العالم بعد عشرة أيام من الانفجار.



### التأريخ بالكربون المُشعّ

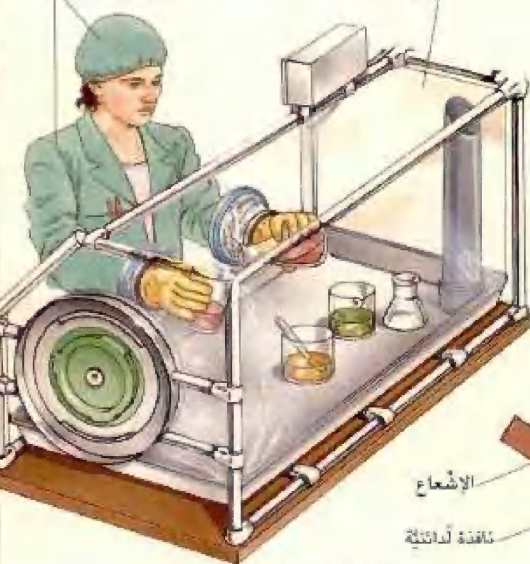
في أنسجة الحيوانات والنباتات نسبة معروفة من نظير الكربون المشع (الكربون-١٤). وعند موت هذه المخلوقات يتوقف تناوُلهم لمزيد من الكربون، وتستمر كمية الكربون-١٤ طبيعيًا بالتناقص بِمُعدَّل معروف (هو عُمر النصف). وباستخدام هذا المُعدَّل، يُمكن تقدير عُمر المواد العضوية القديمة بقياس كمية الكربون-١٤ المُتبقية فيها. إن عُمر البطاقة الخشبية هذه المُميَّزة للموميا، هو حوالي ٢٥٠٠ سنة.



### العلاج بالإشعاع

يُعالج المرضى المُصابون بداء السرطان بالإشعاع. في هذه المكنة، تُرَفِّق أشعة غاما المؤينة من نظير كوبالت مُشع على المنطقة المُصابة لقتل خلاياها وتُبع السرطان من الانتشار إلى مناطق أخرى من الجسم. كما تُستخدم أشعة غاما أيضًا في تعقيم المُعدَّات الطبية.

تقي العامل من الأشعة جدران زجاجية مُخصَّصة.



### مُثَابَلَةُ المواد المُشعَّة

يجب معاملة المواد المشعة بعناية بالغة. ففي الصناعة النووية يُعالج العاملون هذه المواد من خلال قُضبان مرئية في حُندوقي مُدرَّع. وحينما يضطرون إلى مُثَابَلَةِ تلك المواد الخطرة خارج العُرف المُوحدة فيها، يُستخدمون آلات بُعاديَّة التحكم تُحاكي عُمل أياديهم. ويحمل جميع العاملين في المجالات النووية شارات صدرية خاصة تُسجِّلُ مِقْيَاس الجرعات، تُسجِّلُ كمية الإشعاع التي يتعرضون لها خلال فترة زمنية مُعيَّنة.



### الرُفْصُ بالنظائر المُشعَّة

عندما تُخَفَّرُ بعض النظائر المشعة في الجسم، تتجمّع في أعضاء مُعيَّنة فترقُّها وتُبرِّزها، ممَّا يُيسِّرُ للأطباء المُختصين فحصها. كما إنَّ الأشعة التي تبعثها تلك النظائر قد تُكشِّفُ أيضًا الأنسجة المُعطوبة. في الصورة المُضغَطَّة الألوان قلب بشري أعلاه، يُظهِرُ النسيج المُعطوبة على شكل بضوء (خُلُوة) في يسار الصورة.

#### لمزيد من المعلومات انظر

- النسبة الذرية ص ٢٤
- الترايب الكيماوي ص ٢٨
- العناصر ص ٣١
- الهيدروجين ص ٤٧
- الطاقة النووية ص ١٣٦
- الظف الكهرمغناطيسي ص ١٩٢
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢



# التَّرابُطُ الكِيمَاوِيّ

ذرة صوديوم

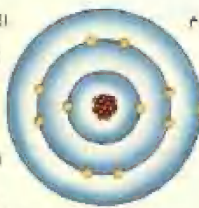
مِلْحُ الطَّعامِ تُؤَلَّفُهُ ذَرَاتُ الصُّوْدِيُومِ وَالْكَلُورِ. وَهِيَ لَيْسَتْ مُجَرَّدَةٌ خَلِيطٌ بَعْضُهَا مَعَ بَعْضٍ بَلْ مُتَّحِدَةٌ وَمَتَمَاسِكَةٌ مَعًا بِرَوَابِطٍ كِيمَاوِيَّةٍ. وَالرَّوَابِطُ هَذِهِ بِمُخْتَلِفٍ أَنْوَاعِهَا تُشْمَلُ حَرَكَةُ الْإِلِكْتُرُونَاتِ فِي الْغِلَافَاتِ الْقُصْوَى لِلذَّرَاتِ وَالْإِلِكْتُرُونَاتِ نَفْسَهَا بِطَرِيقٍ مُتَبَايِنَةٍ. فِي الْمِلْحِ، مَثَلًا، تَمْتَلِكُ الذَّرَاتُ الْإِلِكْتُرُونَاتِ (كَمَا الصُّوْدِيُومِ) أَوْ تَتَلَقَّاهَا (كَمَا الْكَلُورِ). وَهَذَا يَشْكَلُ مَا يُعْرَفُ بِالرَّوَابِطِ الْإِيُونِيَّةِ. أَمَّا فِي مَرَكِبَاتٍ أُخْرَى، كَالْمَاءِ، فَالذَّرَاتُ تَتَشَارِكُ الْإِلِكْتُرُونَاتِ فِيمَا بَيْنَهَا مُشْكَلَةً مَا يُدْعَى بِالرَّوَابِطِ الْإِسْتِهَامِيَّةِ. أَمَّا فِي الْفِلِزَّاتِ، فَالْإِلِكْتُرُونَاتُ تَسْرِي حَوْلَ جَمِيعِ الذَّرَاتِ فِيمَا يُعْرَفُ بِالرَّوَابِطِ الْفِلِزِّيَّةِ. فَالذَّرَاتُ الْمُخْتَلِفَةُ الْمُتَّحِدَةُ وَالْمَتَمَاسِكَةُ بَعْضُهَا مَعَ بَعْضٍ بِهَذِهِ الرَّوَابِطِ الْمُخْتَلِفَةِ تُؤَلَّفُ مِلَايِينَ الْمَوَادِّ الْمُتَنَوِّعَةِ الْمُتَبَايِنَةِ الْمُتَوَاجِدَةِ عَلَى الْأَرْضِ.

— يَنْتَقِلُ الْإِلِكْتُرُونُ وَاحِدًا  
مِنْ ذَرَّةِ الصُّوْدِيُومِ  
إِلَى ذَرَّةِ الْكَلُورِ

ذرة كلور

## النكافؤ

النكافؤ هو عدد الروابط التي يمكن للذرة أن تتحد بها مع ذرة أخرى. ولكل ذرة رقم يبين ذلك يُدعى رقم النكافؤ. فذرة الصوديوم، مثلاً، رقم نكافؤها واحد إذ إنّ غلافها الخارجي يحوي إلكترونًا واحدًا، بينما يضم غلافها الثاني مجموعة ثمانية. فهي لذا تنزع إلى الترابط بهذا الإلكترون مع ذرة أخرى (كما في كلوريد الصوديوم) وتبقى هي بمجموعة ثمانية مُستقرّة. أمّا ذرة الكربون فليديها أربعة إلكترونات في غلافها الخارجي، وبمقدورها الترابط مع أربع ذرات أخرى لتكوين مجموعة ثمانية مُستقرّة. وهكذا فإنّ رقم نكافئها يساوي أربعة. هذا وبعض الذرات نكافؤ مُتغيّر، فذرة الحديد، مثلاً، تستطيع الترابط مع ذرتين أخريين أو ثلاث.



ذرة الكلور

لقد خسرت ذرة الصوديوم إلكترونًا سالب الشحنة فأصبحت أيونًا موجب الشحنة يُدعى كاتيونًا (هابطة).



بترابط الذرات يزداد استقرارها، وتكون عادة أكثر استقرارًا عندما يحوي غلافها الخارجي ثمانية إلكترونات تتشكل ما يُسمى الثمانية المُستقرّة.



بلورات الملح

رابط أيوني

كاتيون الصوديوم

أنيون الكلور

وكسبت ذرة الكلور إلكترونًا فأصبحت بذلك أيونًا سالب الشحنة يُدعى أنيونًا (صاعدة).

## البنية الأيونية

في مُرَكَّبِ أيوني ككلوريد الصوديوم، تُنظَّمُ جَمِيعُ الْإِيُونَاتِ فِي هيكليّة مُنظَّمة تُدعى شِبكة أيونيّة مُهيكّلة. فبلورات الملح مُكَعَّبَاتٌ، تبعًا للبنية الأساسية للشبكة. إنّ جميع المُرَكِّبَاتِ الْإِيُونِيَّةِ تُشْكَلُ شِبَكَاتٌ، لكنّ نَسَقَ انْظَامِ الْإِيُونَاتِهَا يَخْتَلِفُ مِنْ شِبْكَةٍ إِلَى أُخْرَى. وَهَذَا يُعْطِي الشَّيْكَةَ بِنَى مُخْتَلِفَةً، وَالبُورَةُ شَكْلًا مُعَايَرًا مُنْبَرِّجًا.

## الرَّوَابِطُ الْإِيُونِيَّةُ

يَتِمُّ التَّرابُطُ الْإِيُونِيّ عِنْدَمَا تَكْسِبُ الذَّرَّةُ أَوْ تَخْسِرُ إِلِكْتُرُونًا أَوْ أَكْثَرَ مِنْ إِلِكْتُرُونَاتٍ غِلَافِهَا الْخَارِجِي الْأَقْصَى. وَهِيَ بِذَلِكَ تُصْبِحُ مُشْحُونَةً بِالْكَهْرِبَاءِ، فَتُسمى أَيُونًا. وَالْأَيُونَاتُ إِمَّا هَوَابِطُ (كَاتِيُونَات) أَوْ صَوَاعِدُ (أَنِيُونَات). فَالذَّرَّةُ الَّتِي خَسِرَتْ إِلِكْتُرُونَاتٍ تُصْبِحُ هَابِطَةً (كَاتِيُون) أَوْ أَيُونًا مُوجِبِ الشَّحْنَةِ، وَالذَّرَّةُ الَّتِي اكْتَسَبَتْ إِلِكْتُرُونَاتٍ تُصْبِحُ صَاعِدَةً (أَنِيُون) أَوْ أَيُونًا سَالِبِ الشَّحْنَةِ. وَهَذِهِ الشَّحْنَاتُ الْمُتَضَادَّةُ كَهْرِبَائِيًّا تُجَذِّبُ الْإِيُونَاتِ بِشِدَّةٍ بَعْضُهَا لِبَعْضٍ، لِذَا فَإِنَّ مُعْظَمَ الرَّوَابِطِ الْإِيُونِيَّةِ نَتِيجَةُ مِنَ الْعَسِيرِ جِدًّا قَضَائِهَا. وَهَكَذَا، فَالْمُرَكَّبَاتُ الْإِيُونِيَّةُ هِيَ غَالِبًا مِنَ الْجَوَابِدِ، وَلَا تُصْهَرُ إِلَّا عَلَى دَرَجَاتٍ حَرَارَةٍ عَالِيَةٍ جِدًّا. وَعِنْدَ اتِّحَادِ ذَرَاتِ الصُّوْدِيُومِ وَالْكَلُورِ، تُكَوَّنُ رَوَابِطُ إِيُونِيَّةٌ فِيمَا بَيْنَهَا، تُصْبِحُ الْمُرَكَّبُ الْإِيُونِيّ كَلُورِيدَ الصُّوْدِيُومِ (مِلْحُ الطَّعامِ).

## لينوس بولينج

وُلِدَ لِينُوسُ بُولِينْجٌ، الْكِيمِيَايِي الْأَمْرِيكِي، عَامَ ١٩٠١. وَجَلَّالَ

الثلاثينيات من القرن العشرين، طوّر نظريّات مُهمّةً حَوْلَ التَّرابُطِ الْكِيمَاوِيّ وَالتَّرْكِيبِ الْجُزْئِيّ، وَقام بِقِيَاسِ

مقايير الطّاقَةِ الالزامَةِ لِتَكْوِينِ الرَّوَابِطِ الْكِيمَاوِيَّةِ وَزَوَايَاهَا، كَمَا قَاسَ الْمَسَافَاتِ بَيْنَ الذَّرَاتِ. وَقد نال بِذَلِكَ جَائِزَةَ نُبُولٍ لِلْكِيمِيَا عَامَ ١٩٥٤. وَفي عَامَ ١٩٦٢، مُنِحَ أَيْضًا جَائِزَةُ نُبُولٍ لِلسَّلَامِ تَقْدِيرًا لِجُهودِهِ فِي وَقْفِ تَجَارِبِ الْقُنَابِلِ النَّوَوِيَّةِ.



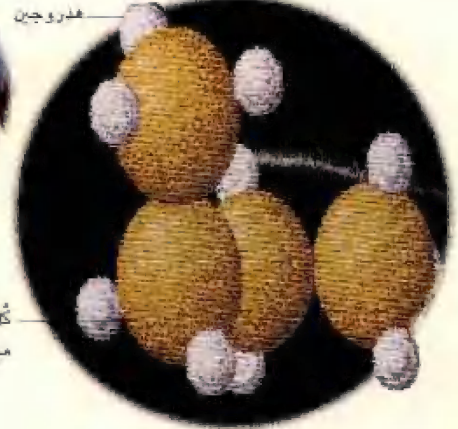


## الروابط الإسهامية

كثرة من أنواع الذرات لا تخسر (أو لا تكتسب) إلكترونات بسهولة لتشكل روابط أيونية، تستعيز عن ذلك بمشاركة الإلكترونات فيما بينها. وتتم هذه المشاركة بأزواج تدعى أزواجًا إلكترونية. وهذا النمط من الترابط يُسمى رابطة إسهامية، كما يُدعى أصغر جزء من المركب ذي الروابط الإسهامية جزيئًا. إن قوى الجذب التي تشد هذه الجزيئات بعضها إلى بعض ضعيفة إلى حد بعيد، لذا نجد معظم المركبات الإسهامية الترابط غازات أو سوائل. وهي ذات نقاط انصهار وغيان منخفضة لأن قسَم الروابط بينها لا يستلزم طاقة كبيرة.

## الجزيئات التساهمية

تُبنى معاكاة الشكل الحاسوبية هذه بيئة مُجسَّمة للمركب الكربوني البيوتان (غاز الفوارير). فالبيوتان مُركَّب تساهمي نموذجي، وسائله يتحول بسهولة إلى غاز لأن جزيئاته مترابطة فيما بينها بقوى ضعيفة، تدعى قوى فان دير فالز.



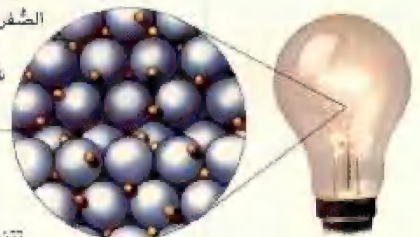
كل ذرة كربون مترابطة مع ذرات أخرى.

## الروابط الفلزية

ترابط الإلكترونات في الغلاف الخارجي للذرات الفلزات ترابط راخ، لذا فهي تطفو في جمل أو «بحر» مُشترك من الإلكترونات مُكوِّنة ما يُعرف بالترابط الفلزي. وهذا الجمل من الإلكترونات يمكنه أن يتصرف بحرقة حول جميع الذرات، وهذا يُفسر كون الفلزات موصلات جيدة للحرارة والكهرباء. فعندما تُسلط الحرارة أو الكهرباء على جزء من الفلز، تحملها الإلكترونات بسرعة إلى جميع الأجزاء الأخرى.

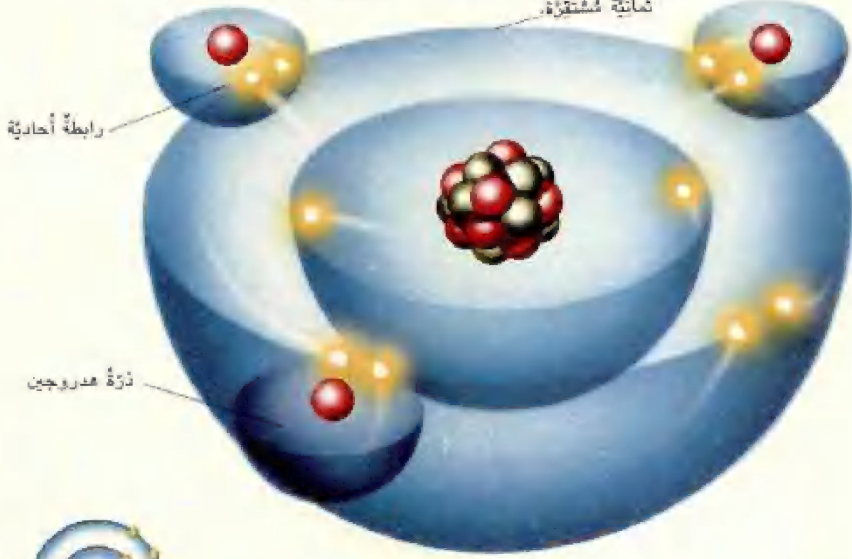


صورة مُصطنعة الألوان لشبيكة ذرية، والنقط الصغير تمثل ذرات الذهب.



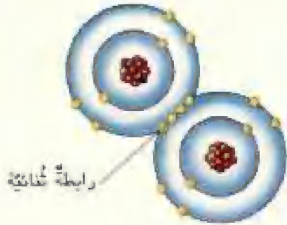
تنزُّع الفلز المعدني للشمعة حاملًا بفق التيار الكهربائي عَبرها.

في الغلاف الخارجي لذرة الهيدروجين خمسة إلكترونات وهي تتراكم مع ثلاث ذرات من الهيدروجين لتؤلف ثمانية مُشتقَّة.



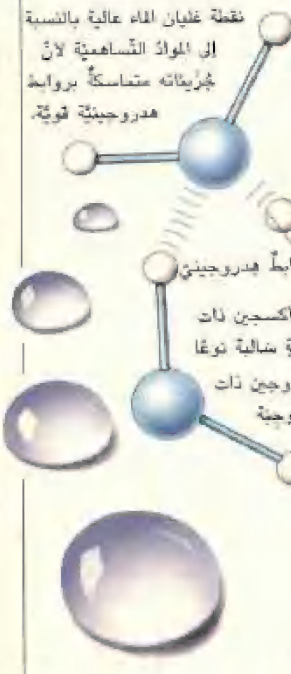
## الروابط المُزدوجة

في الروابط الإسهامية تتشارك الذرات أحيانًا بزوجين من الإلكترونات بدل زوج واحد. فجزء أكسجين الهواء، مثلاً، يتألف من ذرتين مترابطتين برابطة ثنائية (مزدوجة).



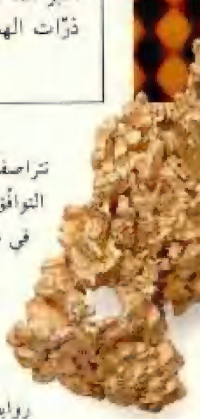
## الروابط الهيدروجينية

يتألف جزيء الماء (H<sub>2</sub>O) من ذرتي هيدروجين مترابطتين مع ذرة واحدة من الأكسجين برابطتين إسهاميتين. وبالإضافة إلى تماسكها بقوى فان دير فالز، فإن جزيئات الماء مترابطة أيضًا بعضها مع بعض بروابط هيدروجينية. ويحصل هذا الترابط بانجذاب ذرات الهيدروجين الموجبة الشحنة نوعًا، إلى ذرات الأكسجين السالبة الشحنة نوعًا. وتكتسب ذرات الأكسجين الشحنة السالبة القليلة لأنها تجذب إلكترونات الترابط الإسهامي بقوة أكبر مما تفعل ذرات الهيدروجين.



## بنية الفلزات

ترافق ذرات الفلزات صفوفًا منتظمة التوافق يشدها بحر من الإلكترونات في شبكة فلزية مُبكِلة. ففي بحر الإلكترونات هذا لا تترابط الذرة مع الذرات المجاورة، بل تتجول الذرات بحرية، لكن تظل دونًا متماسكة لتشكل روابط قوية في مواقعها الجديدة. وهذا يفسر قابلية الفلزات للتشويط والطرق.



### لمزيد من المعلومات انظر

- البنية الذرية ص ٢٤
- البُورات ص ٣٠
- التفاعلات الكيميائية ص ٥٢
- توصيف التفاعلات ص ٥٣
- المركبات والتبرجات ص ٥٨
- كيمياء الماء ص ٧٥
- الكهرباء والتيار ص ١٢٨



# البُلوَرات

إذا تفحصت قليلاً من السُّكَّر بعدسة مكبَّرة تَرُ مَكْعَبَاتٍ دَقِيقَةً زَجَاجِيَّةَ المَظهر هي بُلُورات السُّكَّر. الحِجَارَةُ الكَرِيمَة، كَالْيَاقُوتِ وَالصَّفِيرِ هي بُلُورات أَيْضًا. إِنَّ مُعْظَمَ الجِوَاهِرِ، بِمَا فِيهَا الفِلِيزَاتُ، تتألف من كَمِّيَّاتٍ كَثِيرَةٍ مِنَ البُلُورات قَدْ لَا يُمْكِنُ رُؤْيُهَا أحيانًا لِأَنَّهَا أَصْغَرُ مِنْ أَنْ تُرَى، أَوْ لِشِدَّةِ تَلَازُّهَا وَتَلَاصُّقِهَا. لَكِنَّ البُلُوراتِ فِي الصَّخُورِ كَثِيرًا مَا تَكُونُ وَاضِحَةً لِلْعَيْنِ رُغْمَ أَنَّهَا غَالِبًا لَا تَتَّخِذُ شَكْلًا مُحَدَّدًا لِتَرَاصُّهَا مَعًا. أَمَّا الْمُتَنَامِي مِنْهَا بَحْرِيَّةٌ فِي الفُجُواتِ الصَّخْرِيَّةِ فَيَتَّخِذُ أَشْكَالًا مُنْتَظِمَةً جَمِيلَةً. هُنَالِكَ سَبْعَةُ أَشْكَالٍ أَوْ أَنْظُمَةٍ بُلُورِيَّةٍ (مُبَيَّنَةٌ أدناه)، وَهي تَعَكِّسُ التَّرتِيبَ أَوْ النِّسْقَ البُلُورِيَّ لِلذَّرَاتِ أَوْ الأَيُونَاتِ الَّتِي تَوَلَّفُ البُلُورَةُ. وَالْعُلَمَاءُ يَتَقَصَّوْنَ هَذَا النِّسْقَ بِأَشْعَةٍ إِكْسِ (الأشعة السينية).

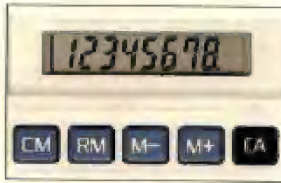


## ألوان البُلُورات

من البُلُورات مَا كُلُّهُ تَقْرِيبًا ذُو لَوْنٍ وَاحِدٍ، كَالكَبْرِيَّةِ، لَكِنَّ العَمُودَ أَوْ الكَوَارِثُ (ثاني أكسيد السيليكون) مُتَبَايِنٌ لَوْنُ البُلُوراتِ لِاحْتِوَائِهِ شَوَائِبَ مُشْتَرَعَةٍ. فَالعَمُودُ النَقِيَّ شَفَافٌ وَيُدْعَى البُلُورُ الصَّخْرِي. أَمَّا غَيْرُ النَقِيِّ قَدْ يَكُونُ أبيضَ (كَالعَمُودِ اللَّبَنِيِّ) أَوْ قُرْنَقَلِيًّا (كَالنَّبَرُو الوردِيِّ) أَوْ أَصْفَرَّ لِيَمُونِيًّا (كَالسُّفْرِينِ)، أَمَّا اللَوْنُ الأَرَجَوَانِي (الْجَمَشْتُ) فَتَلَوُّنُهُ نَاتِجٌ أَساسًا مِنَ الحَدِيدِ.

## البُلُورات السَّائِلَة

إِنَّ مَا تُشَاهِدُهُ فِي وَاجِهَةِ السَّاعَاتِ وَالْحَاسِبَاتِ



الرَّفْعِيَّةُ يتألف من بُلُورَةٍ سَائِلَةٍ شَفَافَةٍ مُحْصُورَةٍ بَيْنَ صَفِيحَتَيْنِ مِنَ الرُّجَاجِ فِي نَقطِ مُعَيَّنٍ. وَعِنْدَمَا يُقَرَّرُ التَّيَّارُ الكَهْرِبَائِيُّ غَيْرَ البُلُورَةِ تَدْبُو البُلُورَةُ مُشَوَّطَةً فِي القِطْعِ الشَّرَافِ يُبَارِزُ الرِّقْمَ الصَّحِيحَ بِهَا، بَيْنَمَا تَقْلُ القِطْعُ الأُخْرَى شَفَافَةً. وَهَكَذَا يَتِمُّ الفَرَصُ بِالْبُلُورَةِ السَّائِلَةِ.

## الانتماق والتفلق

عند تصدُّع البُلُورات يُلاحَظ أَنَّهَا تَقْلِبُ عَالِيًا بِمُوازاةِ مُستَوِيَّاتٍ مُعَيَّنَةٍ قَاتِ عِلَاقَةٍ بِالنِّسْقِ البُلُورِيِّ الأَسَاسِيِّ. فَالْمِيكَاءُ، مَثَلًا، تَقْلِبُ صَفَائِحَ رَقِيَّةً بِمُوازاةِ قَاعِدَةِ البُلُورَةِ.



## البِجْمَاتِيَّة

بُلُورَاتُ البِجْمَاتِيَّةِ، وَهِيَ صَخْرٌ نَارِيٌّ، كَبِيرَةٌ لِأَنَّهَا كَانَتْ قَدْ بَرَدَ بَقْلًا. أَمَّا عَدَمُ انْتِظَامِ شَكْلِ البُلُوراتِ فَعَالِدٌ إِلَى أَنَّهَا كَانَتْ قَدْ تَشَكَّلَتْ مِترَاحَةً بَعْضُهَا إِلَى بَعْضٍ لَا فِي خِيَرٍ خَرٍّ.



## تَنْمِيَّةُ البُلُورات

تَنَامِي هَذَا النَّمَطِ مِنَ البُلُوراتِ الْمُخْتَلِفَةِ خَصَلَ مِنْ بُلُوراتِ كَبِيرَتَاتِ الحَدِيدِ الشَّادِرَةِ (الْأَلْبَنِيَّةِ) وَبُلُوراتِ كَلُورِيدِ الكُوْبَيْتِ (الْقَانِصَةِ الرُّزْقَةِ)، وَبُلُوراتِ نِتْرَاتِ النُّحَاسِ (الْقَانِصَةِ الرُّزْقَةِ). إِنَّ تَنْمِيَّةَ البُلُوراتِ عَمَلِيَّةٌ سَهْلَةٌ يُمْكِنُ إِجْرَازُهَا بِتَعْلِيقِ خَيْطٍ فِي مَحْلُولٍ مُرَكَّزٍ مِنَ المَاءِ وَالسُّكَّرِ أَوْ مِنَ المَاءِ وَبُلُوراتِ الجِزْأَةِ (كَبِيرَتَاتِ النُّحَاسِ).

المُزَوِّ (الكوارتز)  
ذُو تَمَاطُلٍ  
ثَلَاثِيٍّ.

الأَكْسِينِيَّةُ ذُو تَمَاطُلٍ  
ثَلَاثِيٍّ الْمِثْلِ.

الجِيسُ ذُو  
تَمَاطُلٍ أَحَادِيٍّ  
الْمِثْلِ.

الْأَيْدُوكْرَازُ ذُو  
تَمَاطُلٍ رُبَاعِيٍّ.

الْفُوفُودُ ذُو  
تَمَاطُلٍ  
شَدَائِسِيٍّ.

الْأُيُونِازُ (الْبِيسَارُ) ذُو  
تَمَاطُلٍ شَدَائِسِيٍّ.

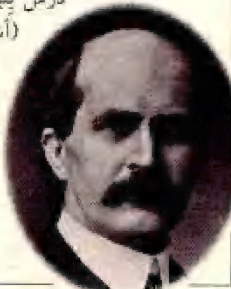
الْقَالْبَانَا (خَامَةُ الرُّصَاصِ)  
ذَاتُ تَمَاطُلٍ شَدَائِسِيٍّ.



شُحْطُطٌ بُلُورِيٌّ لِأَحَدِ  
الْبَرُوتِينَاتِ بِأَشْعَةٍ إِكْسِ.

## وَلْيَامُ بَرَاغ

وَلْيَامُ هِنْرِي بَرَاغ (١٨٦٢-١٩٤٢) وَأَبْنَاهُ وَلْيَامُ لُورَانْسُ بَرَاغ (١٨٩٠-١٩٧١) كَانَا أَوَّلَ مَنْ دَرَسَ بَيْتَةَ البُلُوراتِ بِالْأَشْعَةِ السَّيْنِيَّةِ (أَشْعَةٍ إِكْسِ). وَقَدْ نَالَا جَائِزَةَ نُوبَلٍ



لِلْفِيزِيَاءِ عَامَ ١٩١٥ لَعَمَلِهِمَا هَذَا. عِنْدَ إِثْرَارِ خُرْغَةٍ مِنْ أَشْعَةٍ إِكْسِ غَيْرِ بُلُورَةٍ تُسْفِطُ نَمَطًا نَسْقِيًّا عَلَى صَفِيحَةٍ فُوتُغْرَافِيَّةٍ، يُدْعَى الْمُحْطَظُ البُلُورِيُّ؛ وَلِكُلِّ بُلُورَةٍ مُحْطَظُهَا الْخَاصُّ بِهَا. وَهَذَا الْمُحْطَظُ يَكْتَشِفُ الْبَيْتَةَ الدَّاخِلِيَّةَ لِلْبُلُورَةِ وَنَسْقَ ذَرَاتِهَا أَوْ أَيُْونَاتِهَا.

## الْأَنْظُمَةُ البُلُورِيَّةُ

الْأَنْظُمَةُ البُلُورِيَّةُ السَّبْعَةُ مُبَيَّنَةٌ أَعْلَاهُ، وَالْمَعْرُوفُ أَنَّ البُلُوراتِ الْكَامِلَةَ وَالنَّامَةَ الشَّكْلَ نَادِرَةٌ. لَكِنْ مَهْمَا كَانَتْ شَكْلُ البُلُورَةِ فَإِنَّ بِالْإِمْكَانِ فَيَاسَ تَمَاطُلُهَا. وَهَذَا يُسَاعِدُ الْعُلَمَاءَ عَلَى تَعْرِفِ هَوِيَّتِهَا.

## لِمزيد من المعلومات انظر

- حالات المادة ص ١٨
- الترابط الكيميائي ص ٢٨
- الكبريت ص ٤٥
- الأملاح ص ٧٣
- كيمياء الماء ص ٧٥
- الصخور والمعادن ص ٢٢١
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢



# العناصر

تتألف السبيكة الذهبية من نوع واحد من الذرات هي ذرات الذهب، وهذا يعني أن الذهب عنصر. والمعروف أن معظم الأشياء في الكون تتألف من مجموعات متوالية من الذرات المختلفة، تدعى مركبات. فلة من العناصر فقط يمكن أن تتواجد في حالة نقيية، كالذهب والتحاس والفضة. لقد تم حتى اليوم تعرف ١٠٩ عناصر، يتواجد منها طبيعيًا ٨٩. وكان تم اكتشاف عشرة عناصر قبل القرن الثامن عشر، واكتشف معظم الباقي في القرنين الثامن عشر والتاسع عشر حين بدأ الكيميائيون جديًا بتقصي العناصر والمركبات الكيميائية. وقد أصبح الجدول الدوري اليوم يضم ٢٠ عنصرًا اصطناعيًا لا

تتواجد في الطبيعة؛ جميعها ذو فاعلية إشعاعية، وبقاؤها لا يتجاوز بضعة أجزاء المليون من الثانية.

## نشأة العناصر

الهيدروجين، أبسط العناصر، كان أولها تكوينًا بعد مُدة وجيزة من الانفجار العظيم الذي كان به الكون منذ آلاف ملايين السنين ثم تلاه عنصر الهيليوم. إن جميع العناصر التي تتألف منها الأرض حاليًا كانت قد تكونت في أعماق نجوم عملاقة، ثم انتشرت في الفضاء بعد تفكك تلك النجوم.

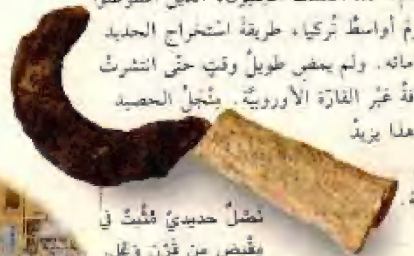
## العناصر القديمة

خلال القرن الرابع ق.م. كان فلاسفة الإغريق، بمن فيهم أرسطو، يعتقدون أن جميع أشكال المادة تتكون من أربعة عناصر فقط هي النار والهواء والماء والتراب متشعبة بسبب مختلفة. فالتعظم، مثلًا، كان، في رأيهم، يتألف من أربعة أجزاء نارية، وجزأين مائية، وجزأين من التراب. ويبين الرسم أدناه، من مخطوط لقصيدة بالألمانية عن الخيمياء في القرن السابع عشر، أربعة رموز تُمثل التراب والماء والهواء والنار.



## العناصر في ما قبل التاريخ

الحديد كان أحد العناصر التي عرفها القدماء منذ حوالي العام ١٥٠٠ ق.م. فقد اكتشف الحثيون، الذين استوطنوا ما هو اليوم أواسط تركيا، طريقة استخراج الحديد بإحماء خاماته. ولم يمضِ طويل وقت حتى انتشرت هذه المعرفة عبر القارة الأوروبية. يُنجل الحديد الحديدي هذا يزيد عمره على ٢٠٠٠ سنة.



نصل حديدي قُثِّت في بقية من قرن ولعل.

## عصر العناصر

لعل الكيميائي الألماني، هينغ براند، باستخلاصه المُسقور عام ١٦٦٩، كان أول من يحضر عنصرًا من خاماته. لكن الأمر استغرق قرابة القرن من الزمان قبل أن يُقَيِّم آخرون بإحماء المواد لاستخلاص العناصر من مركباتها. وقد توصل بعضهم إلى فصل عناصر بالكهولة - أي بمرار تيار كهربائي عبر المواد، محلولة أو منصهرة.



## المسارح الخطي

يستطيع الفيزيائيون التوطين تخليق عنصر جديد بفضف عنصر موجود بجسيمات فائقة السرعة في مسارح خطي. فزيادة عدد البروتونات في نوى الذرات يتولد عنصر جديد.



نجم يتفجر



الإلكترونات  
السنة لذرة  
الكربون تُدوم  
حولها باستوار.  
والأربعة منها في  
الغلاف الخارجي  
جاهزة للتأثير  
مع ذرات أخرى.



مختبر في القرن التاسع عشر

## العناصر الشائعة

العنصران الأكثر شيوعًا في الكون كمجموع، وهيدروجين، هما الهيدروجين والهيليوم. فهما العنصران الأساسيان في النجوم، إذ يشكلان ٩٨ في المئة من مادتها. أما في القشرة الأرضية، فغالب الأكسجين هو الأكثر وفرة بين جميع العناصر يليه السيليكون، حيث يشكلان معًا حوالي ثلاثة أرباع مقومات القشرة. والمعروف أن العناصر الأكثر تواجدًا في جسم الإنسان هي الكربون والهيدروجين والأكسجين لأنها تُؤلف معظم المركبات في جميع خلايا الجسم.



عناصر في قشرة الأرض

- عناصر جدي نادرة
- البوتاسيوم
- المغنسيوم
- الصوديوم
- الكالسيوم
- الحديد
- الألمنيوم
- السيليكون
- الأكسجين

## الذرات

جميع ذرات العنصر تحوي الأعداد نفسها من الإلكترونات والبروتونات. وهذا يجعل كل عنصر فريدًا كيميائيًا.

### لمزيد من المعلومات انظر

- البنية الذرية ص ٢٤
- النشاط الإشعاعي ص ٢٦
- الجدول الدوري للعناصر ص ٣٢
- المركبات والمزيجات ص ٥٨
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢



# الجدول الدوري للعناصر

قد يبدو هذا الجدول مُعَقَّدًا، لكنَّه في الواقع جدولٌ بسيطٌ بالعناصر جميعها مُرتبةً ترتيبًا تصاعديًا، في صفوف أفقيَّة تبعًا لأعدادها الذريَّة (أي عدد البروتونات في نواها). ففي ثمانينيات القرن التاسع عشر لاحظ الكيميائيون أنَّ لمجموعات مُعيَّنة من العناصر خواصَّ مُماثلة، فحاولوا ترتيبها في مجاميع مُجدولة بشكل يبيِّن ذلك بوضوح. وفي عام ١٨٦٩ نشر ديمتري مندلييف الجدول الأفضل بينها الذي ما زال يُستخدمُ حتى اليوم؛ فيستطيعُ الكيميائي معرفة الكثير عن عُنصرٍ ما بالنظر فقط إلى موقعه في الجدول الدوري.

١٨	١٧	١٦	١٥	١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١
هـ	د	ج	ب	أ	ز	ح	ط	ي	ك	ل	م	ن	س	ع	ف	ق	ح
٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦	١٧	١٨	١٩
٢٠	٢١	٢٢	٢٣	٢٤	٢٥	٢٦	٢٧	٢٨	٢٩	٣٠	٣١	٣٢	٣٣	٣٤	٣٥	٣٦	٣٧
٣٨	٣٩	٤٠	٤١	٤٢	٤٣	٤٤	٤٥	٤٦	٤٧	٤٨	٤٩	٥٠	٥١	٥٢	٥٣	٥٤	٥٥
٥٦	٥٧	٥٨	٥٩	٦٠	٦١	٦٢	٦٣	٦٤	٦٥	٦٦	٦٧	٦٨	٦٩	٧٠	٧١	٧٢	٧٣
٧٤	٧٥	٧٦	٧٧	٧٨	٧٩	٨٠	٨١	٨٢	٨٣	٨٤	٨٥	٨٦	٨٧	٨٨	٨٩	٩٠	٩١
٩٢	٩٣	٩٤	٩٥	٩٦	٩٧	٩٨	٩٩	١٠٠	١٠١	١٠٢	١٠٣	١٠٤	١٠٥	١٠٦	١٠٧	١٠٨	١٠٩
١١٠	١١١	١١٢	١١٣	١١٤	١١٥	١١٦	١١٧	١١٨	١١٩	١٢٠	١٢١	١٢٢	١٢٣	١٢٤	١٢٥	١٢٦	١٢٧
١٢٩	١٣٠	١٣١	١٣٢	١٣٣	١٣٤	١٣٥	١٣٦	١٣٧	١٣٨	١٣٩	١٤٠	١٤١	١٤٢	١٤٣	١٤٤	١٤٥	١٤٦
١٤٨	١٤٩	١٥٠	١٥١	١٥٢	١٥٣	١٥٤	١٥٥	١٥٦	١٥٧	١٥٨	١٥٩	١٦٠	١٦١	١٦٢	١٦٣	١٦٤	١٦٥
١٦٧	١٦٨	١٦٩	١٧٠	١٧١	١٧٢	١٧٣	١٧٤	١٧٥	١٧٦	١٧٧	١٧٨	١٧٩	١٨٠	١٨١	١٨٢	١٨٣	١٨٤
١٨٧	١٨٨	١٨٩	١٩٠	١٩١	١٩٢	١٩٣	١٩٤	١٩٥	١٩٦	١٩٧	١٩٨	١٩٩	٢٠٠	٢٠١	٢٠٢	٢٠٣	٢٠٤
٢٠٦	٢٠٧	٢٠٨	٢٠٩	٢١٠	٢١١	٢١٢	٢١٣	٢١٤	٢١٥	٢١٦	٢١٧	٢١٨	٢١٩	٢٢٠	٢٢١	٢٢٢	٢٢٣

٧١	٧٠	٦٩	٦٨	٦٧	٦٦	٦٥	٦٤	٦٣	٦٢	٦١	٦٠	٥٩	٥٨	٥٧
١٧٥	١٧٤	١٦٩	١٦٨	١٦٥	١٦٤	١٥٩	١٥٨	١٥٣	١٥٢	١٤٥	١٤٢	١٤١	١٤٠	١٣٩
١٠٣	١٠٢	١٠١	١٠٠	٩٩	٩٨	٩٧	٩٦	٩٥	٩٤	٩٣	٩٢	٩١	٩٠	٨٩
٢٥٦	٢٥٥	٢٥٨	٢٥٧	٢٥٤	٢٥١	٢٤٧	٢٤٦	٢٤٣	٢٤٢	٢٣٧	٢٣٨	٢٣٦	٢٣٢	٢٢٧

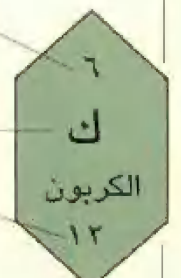
## ديمتري مندلييف

جمعُ الكيميائي الروسي، ديمتري مندلييف (١٨٣٤-١٩٠٧)، جميع المعلومات المتعلقة بالعناصر المعروفة على بطاقات مُستقلة لكل منها. ثم نظم تلك البطاقات بترتيب تصاعدي تبعًا لأوزانها الذريَّة، فوضع بذلك الجدول الدوري. أما الفُضاءات التي لم يستقم له ملؤها، فقد تنبأ بأنها لعناصر لم تُكتشف بعد، وقد حُدِّد خواصها الذريَّة بدقة. وبالفعل جاءت العناصر الثلاثة التي اكتُشفت في حياته مؤيدة لصحة تنبؤاته.



الفلزات القلوية	الفلزات القلوية الأرضية	الفلزات الانتقالية	الفلزات النبيلة
الفلزات القلوية	الفلزات القلوية الأرضية	الفلزات الانتقالية	الفلزات النبيلة
الفلزات القلوية	الفلزات القلوية الأرضية	الفلزات الانتقالية	الفلزات النبيلة
الفلزات القلوية	الفلزات القلوية الأرضية	الفلزات الانتقالية	الفلزات النبيلة

العدد الذري هو عدد البروتونات في النواة، ويتصاعد واحدًا واحدًا على طول كل دورة.  
الرمز طريقة مختصرة لكتابة اسم العنصر في المعادلات الكيميائية.  
الكتلة الذرية السميَّة هي كتلة الذرة بالمقارنة مع كتلة الكربون-١٢، باعتبارها ١٢.





## المجموعات والدورات

كيف تستخدم الجدول الدوري؟ إن العناصر الـ ١٠٩ المعروفة حاليًا مرتبة في صفوف أفقية يترادى عبرها العدد الذري، تسمى دورات. وكما هو بين، فإن الدورات تبدأ بفيلز فلوئي من اليمين وتنتهي بغاز نبيل عن اليسار. إن ذرات العناصر في بداية كل دورة تحوي إلكترونًا واحدًا فقط في الغلاف الخارجي؛ وفي نهاية الدورة يكتمل هذا الغلاف بثمانية إلكترونات. أما العناصر المتواجدة في الأعمدة القائمة، وتُدعى مجموعات، فتحتوي ذراتها العدد نفسه من الإلكترونات في غلافاتها الخارجية؛ لذا فإن لها التكافؤ نفسه؛ وخصائصها الكيميائية متماثلة.

### الجدول الدوري



تتألف المجموعة ١٤ من الكربون (ك) والسليكون (س) والجرمانيوم (جر) والقصدير (ق) والرصاص (صا).

تتألف الدورة ٣ من الصوديوم (ص) والمغنسيوم (مغ) والالومنيوم (لم) والسليكون (س) والفسفور (فو) والكبريت (كب) والتور (كل) والأرجون (غو).

عدد الإلكترونات لكل عنصر مساوي لعدده الذري.

### الفيلزات والأفيلزات

إن معظم العناصر الكيميائية هي من الفيلزات. أما الأفيلزات فتشغل مثلًا في يسار الجدول الدوري وتقع بينهما أشباه الفيلزات التي لها بعض خصائص الفيلزات وبعض خصائص الأفيلزات. هناك اختلافات كبيرة متعددة بين الفيلزات والأفيلزات، فالفيلزات جوامد (ما عدا الزئبق، فهو سائل)، وهي موصلات جيدة للحرارة والكهرباء، وقادرات درجات انصهار وعلايا عالية غالبًا. كما تكون أيونات موجبة تدعى هوابط (كاتيونات) عندما تترابط مع عناصر أخرى. أما الأفيلزات فمعظمها غازات ذات درجات انصهار وعلايا منخفضة، وهي ليست موصلات جيدة، ما عدا الكربون؛ كما تكون أيونات سالبة تدعى صراعد (أنيونات) عندما تترابط مع عناصر أخرى.



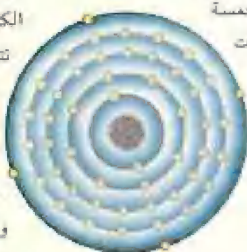
ذرة الكربون لها ٦ غلافان



ذرة السليكون لها ثلاث غلافات



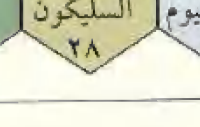
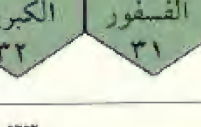
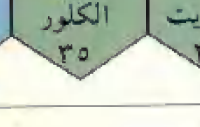
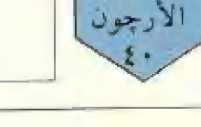
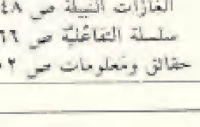
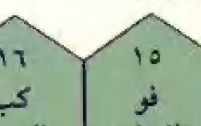
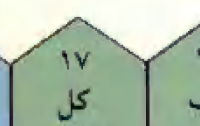
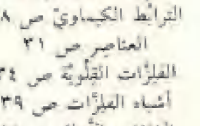
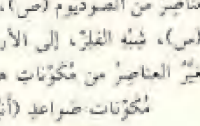
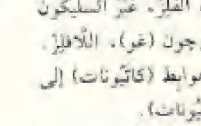
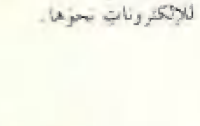
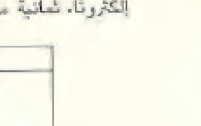
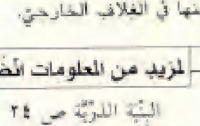
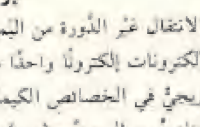
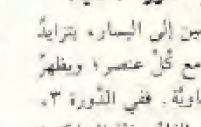
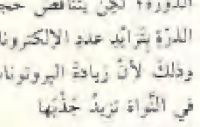
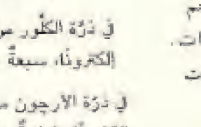
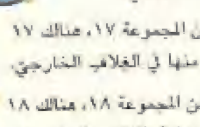
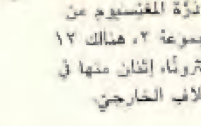
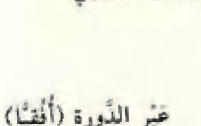
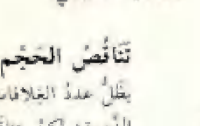
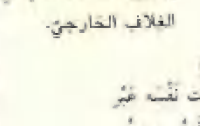
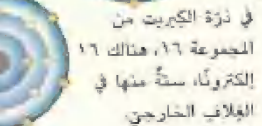
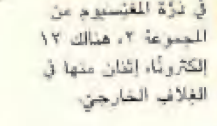
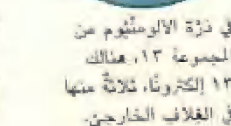
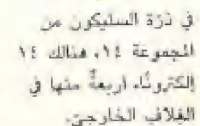
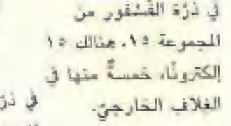
ذرة الجرمانيوم لها أربعة غلافات



ذرة القصدير لها خمسة غلافات



ذرة الرصاص لها ستة غلافات



### المجموعة نزولاً

تظهر علاقة المجموعة بكل وضوح في بعض المجموعات، كما في المجموعة ١ (الفيلزات القلوية)، والمجموعة ٢ (فيلزات الأرضية القلوية)، والمجموعة ١٨ (الغازات النبيلة)، فالعناصر متماثلة في المظهر وفي التفاعلية (أي قابلية الترابط). أما في مجموعات أخرى كاللمجموعة ١٤، فالخصائص الكيميائية تبقى متماثلة، لكن العناصر تتغير من لافيلز في أعلى المجموعة إلى فيلزي في أسفلها. فالكربون (ك) لافيلز نموذجي، والسليكون (س) والجرمانيوم (جر) كلاهما شبه فيلزي، أما القصدير (ق) والرصاص (صا) فكلهما فيلزيان.

٦ ك الكربون ١٢

١٤ س السليكون ٢٨

٣٢ جر الجرمانيوم ٧٤

٥٠ ق القصدير ١٢٠

٨٢ صا الرصاص ٢٠٨

يتزايد عدد الغلافات، نزولاً، غلافًا واحدًا مع كل عنصر، علما أن العدد الأقصى لهذه الغلافات في الذرة هو سبعة. أما عدد الإلكترونات في الغلاف الخارجي لأي عنصر في المجموعة الواحدة فهو دائمًا نفسه لجميع عناصرها.

### تناقص الحجم

يقل عدد الغلافات نفسه عبر الدورة؛ لكن يتناقص حجم الذرة بترتيب عدد الإلكترونات. وذلك لأن زيادة البروتونات في النواة تزيد جاذبها للإلكترونات تحوها.

### غير الدورة (أفيلز)

بالانتقال عبر الدورة من اليمين إلى اليسار، يتزايد عدد الإلكترونات إلكترونًا واحدًا مع كل عنصر، ويظهر تغير تدريجي في الخصائص الكيميائية. ففي الدورة ٣، تتغير العناصر من الصوديوم (ص)، الفيلز، عبر السليكون (س)، شبه الفيلز، إلى الأرجون (غو)، الأفيلز، وتتغير العناصر من مكونات هوابط (كاتيونات) إلى مكونات صراعد (أنيونات).

### لمزيد من المعلومات انظر

- البنية الذرية ص ٢٤
- الترابط الكيميائي ص ٢٨
- العناصر ص ٣١
- الفيلزات القلوية ص ٣٤
- أشباه الفيلزات ص ٣٩
- الغازات النبيلة ص ٤٨
- سلسلة التفاعلية ص ٦٦
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢

١٨ غو الأرجون ٤٠

١٧ كل الكلور ٣٥

١٦ كب الكبريت ٣٢

١٥ فو الفسفور ٣١

١٤ س السليكون ٢٨

١٣ لم الألومنيوم ٢٧

١٢ مغ المغنسيوم ٢٤

١١ ص الصوديوم ٢٣



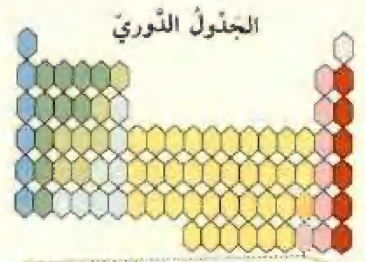
# الفِلِزَّاتُ القَلْوِيَّة



صِنَاعَةُ الصَّابُونِ

يُصْنَعُ الصَّابُونُ الجَامِدُ (أو السَّائِلُ) بِإِغْلَاظِ الدُّخَانِ مع هيدروكسيد الصوديوم (أو البوتاسيوم). ويُعْتَقَدُ أَنَّ المَصْرِفِينَ القَدَمَاءَ كَانُوا أَوَّلَ مَنْ صَنَعَ الصَّابُونَ.

أَكْثَرُ عَنَاصِرِ المَجْمُوعَةِ ١، مِنَ الجَدُولِ الدَّوْرِيِّ، شَبُوعًا هُوَ الصُّوْدِيُومُ أَحَدُ مُكَوِّنَاتِي وَلَحِ الطَّعَامِ. وَتُدْعَى عَنَاصِرُ هَذِهِ المَجْمُوعَةِ الفِلِزَّاتِ القَلْوِيَّةِ، لِأَنَّهَا تَتَفَاعَلُ مَعَ المَاءِ لِتَكُونُ مَحَالِيلَ قَلْوِيَّةً. البوتاسيوم، أَحَدُ مَقَرَّمَاتِ الأَسْمِدَةِ المَعْرُوفَةِ مِثْلَ كَبْرِيَّاتِ البوتاسيوم وَنِتْرَاتِ الشَّيْبِلِي، هُوَ عَنَصْرٌ آخَرُ فِي هَذِهِ المَجْمُوعَةِ. وَمِنْ عَنَاصِرِ هَذِهِ المَجْمُوعَةِ أَيْضًا اللَّيْثِيُومُ الَّذِي تُسْتَخْدَمُ مُرَكِّبَاتُهُ طَبِيبًا فِي مَعَالِجَةِ حَالَاتِ الإِكْتِنَابِ الهُوسِيِّ العُصَابِيَّةِ. كَمَا يُمَزَجُ اللَّيْثِيُومُ مَعَ الأَلُومِينِيُومِ فِي سَبَائِكٍ خَفِيفَةٍ مَتِينَةٍ تُسْتَخْدَمُ فِي بِنَاءِ الطَّائِرَاتِ. وَجَمِيعُ الفِلِزَّاتِ القَلْوِيَّةِ ذَاتُ لَوْنٍ أَيْضٌ فِضِّيٌّ، وَتَتَزَايِدُ تَفَاعُلُهَا تَرَوُّلًا إِذْ يَحْوِي العِلَافُ الخَارِجِيُّ لِذَرَّاتِهَا إِكْتِرُونًا وَاحِدًا يَتَنَاقَصُ انْجِدَابُهُ إِلَى التَّوَاةِ مِنْ أَعْلَى المَجْمُوعَةِ إِلَى أَسْفَلِهَا.



تَتَأَلَّفُ المَجْمُوعَةُ ١ مِنْ: اللَّيْثِيُومِ (لث) والصُّوْدِيُومِ (ص) والبوتاسيوم (بو) والروبيديوم (بيد) والسيزيوم (سر) والفرانسيوم المُتَّبِعِ (فر)

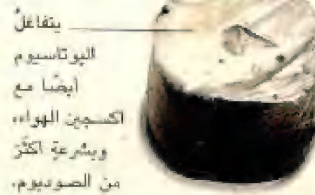
جَمِيعُ الفِلِزَّاتِ القَلْوِيَّةِ لَيِّنَةٌ بِحَيْثُ تَقْطَعُ بِالسَّكِّينِ.



يَتَفَاعَلُ الصُّوْدِيُومُ بِسُرْعَةٍ مَعَ أَكْسِجِنِ الهَوَاءِ بِحَيْثُ يَكُونُ سَطْحُهُ المَخْدُوشُ فِي بَضْعٍ دَقَائِقَ. لِذَا تُحَفَظُ الفِلِزَّاتُ القَلْوِيَّةُ مَغْمُورَةً فِي الدُّزَيْتِ.

## مَصَابِيخُ الصُّوْدِيُومِ

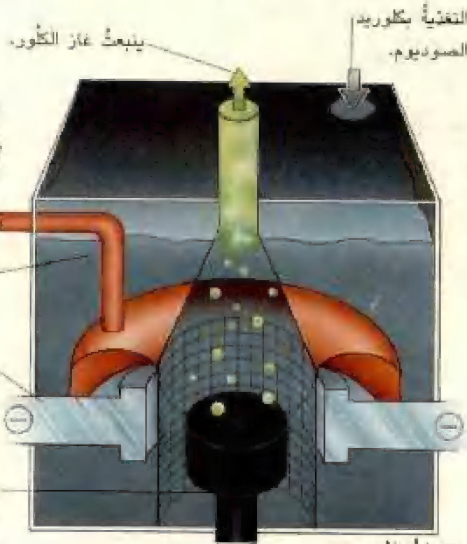
تَوُضِّعُ مَصَابِيخُ الشُّوَارِجِ يَلُونُ أَصْفَرَ بِرَتَقَالِي زَاهٍ لِأَنَّهَا تَحْوِي يُخَازَ الصُّوْدِيُومِ الَّذِي يُصَلِّدُ هَذَا اللَّوْنَ عِنْدَ مُرُورِ الكَهْرِبَاءِ عِزْرُهُ كَمَا تُعْطِي مُرَكِّبَاتُ الصُّوْدِيُومِ لَوْنًا شَامِتًا عِنْدَمَا تُعْرَضُ لِلْهَبِّ.



يَتَفَاعَلُ البوتاسيوم أَيْضًا مَعَ أَكْسِجِنِ الهَوَاءِ وَبِسُرْعَةٍ أَكْثَرَ مِنَ الصُّوْدِيُومِ.

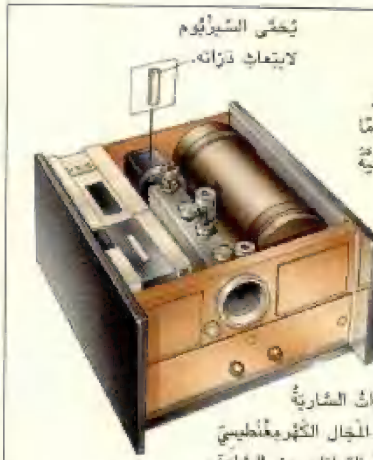
## التَفَاعُلُ مَعَ المَاءِ

تَتَفَاعَلُ قِطْعَةٌ مِنَ البوتاسيوم مَعَ المَاءِ بِقُوَّةٍ تُشْعِلُ بِحَيْثُ تُدَوِّمُ آدَمَ نَوَقِ كَامِلِ السَّطْحِ مُكَوَّنَةً قَفَافِجَ مِنْ غَازِ الهَدْرُوجِينِ الَّذِي يَتَفَاعَلُ بِهَبِّ أَزْرَقِ فُرْقَتَلِيٍّ. وَتُتَبَّعُ هَذَا التَّفَاعُلُ هَدْرُوكْسِيدَ البوتاسيوم الَّذِي يُحَوِّلُ المَاءَ إِلَى مُحَلُولٍ قَلْوِيٍّ؛ وَتُخْرَجُ المَاءُ بِحَرَارَةِ التَّفَاعُلِ. وَتَتَفَاعَلُ جَمِيعُ الفِلِزَّاتِ القَلْوِيَّةِ مَعَ المَاءِ بِشَكْلِ مُشَابِلٍ، لَكِنْ الرُوبِيدِيُومُ وَالسِّيزِيُومُ يَتَفَاعَلَانِ عِنْدَ مُلَامَسَتِهِ.



## إِسْتِخْرَاجُ الصُّوْدِيُومِ

يُسْتَخْرَجُ الصُّوْدِيُومُ مِنْ وَلَحِ الطَّعَامِ (كَلُورِيدِ الصُّوْدِيُومِ) بِاسْتِخْدَامِ خَلِيَّةٍ دَانُونٍ. يُخْمَسُ المِلْحُ إِلَى ٨٠٠° س حَتَّى يَنْصَهَرَ، وَتُسْرِي النَّيَّارُ الكَهْرِبَائِي فِي المِلْحِ المُنْصَهَرِ عِزْرَ مَصْنَعٍ (أَوْد) مِنَ الغَرَابِيتِ وَهَيْطِ (كَاتُود) مِنَ الفُولَادِ؛ فَيَخْلَلُ المِلْحُ إِلَى عَنَصْرِي الصُّوْدِيُومِ وَالكَلُورِ. هَذِهِ العَمَلِيَّةُ تُدْعَى عَمَلِيَّةَ الكَهْرَلُةِ (التَحْلِيلِ الكَهْرِبَائِيِّ)؛ وَكَانَ السَّيْرُ هُنَاكَ دِينِي (١٧٧٨-١٨٢٩) أَوَّلَ مَنْ اسْتَخْدَمَهَا.



يُخْمَسُ السِّيزِيُومُ لِاتَّبَاعِ ذَرَاتِهِ.

## سَاعَةُ السِّيزِيُومِ الذَّرِيَّةِ

تُضَبِّطُ السَّاعَاتُ العَادِيَّةُ الزَّمَانَ بِعَدِّ نَوْعٍ مِنَ الإِيقَاعِ المُتَنَظِّمِ كَحُفْرَانِ البَنْدُولِ؛ أَمَّا السَّاعَاتُ الذَّرِيَّةُ «فَتَعُدُّ» التَّحْدِثَاتِ الطَّبِيعِيَّةَ لِذَرَّاتِ السِّيزِيُومِ. وَهَذِهِ الذَّرَّاتُ تُحْدِثُ ٧٧٠ ٦٣١ ١٩٢ ٩ ذَبْدِيَّةً فِي الثَّانِيَةِ؛ لِذَا، فَإِنَّ سَاعَاتِ السِّيزِيُومِ الذَّرِيَّةِ يُمْكِنُ أَنْ تَقِيسَ الأَجْزَاءَ مِنَ الثَّانِيَةِ بِشَكْلِ دَقِيقٍ. وَتُتَبَيَّنُ ذَبْدِيَّاتُ ذَرَّاتِ السِّيزِيُومِ بِمُسَاعَدَةِ مَجَالٍ كَهْرِمَغْنَطِيِّيٍّ.

الذَّرَّاتُ الشَّارِيَّةُ عِزْرَ المَجَالِ الكَهْرِمَغْنَطِيِّيِّ تُبَيِّنُ القَرَارَاتِ عَلَى السَّاعَةِ.

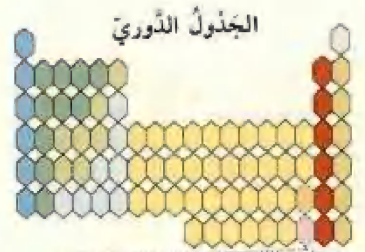
## لِمَزِيدٍ مِنَ العُلُومَاتِ انظُرْ

- التَّرابِطُ الكِيمَاوِي ص ٢٨
- الجَدُولُ الدَّوْرِيُّ للعَنَاصِرِ ص ٣٢
- الكَهْرَلُةُ (التَحْلِيلُ الكَهْرِبَائِيُّ) ص ٦٧
- الفِلِزَّاتُ والقَوَاعِدُ ص ٧٠
- الكِيمَاءُ الزَّرَاعِيَّةُ ص ٩١
- صِنَاعَةُ الفِلِزَّاتِ ص ٩٤
- الكَهْرِمَغْنَطِيَّةُ ص ١٥٦
- حَقَائِقُ وَتَعْلُومَاتُ ص ٤٠٢



# فِلِزَاتُ الْأَثَرِبةِ الْقِلْوِيَّةِ

أشهرُ عناصرِ المجموعة ٢ من الجدولِ الدَّوريِّ هو الكالسيومُ، ويوجدُ في الطباشيرِ والحليبِ والعظامِ وغيرها. وتُدعى عناصرُ هذه المجموعة فِلِزَاتُ الأثرِبةِ القِلْوِيَّةِ لأنَّها جميعُها تتفاعلُ مع الماءِ فتكوِّنُ محاليلَ قِلْوِيَّةً؛ كما إنَّ مُركَّباتِها مُتوافرةٌ في الطبيعة على نطاقٍ واسعٍ. فالبريليومُ، مثلاً، يتواجد في الحجارةِ شبه الكريمة كالزمرُّد والزُّبرجد. والرادِيومُ هو العنصرُ المُشعُّ الذي اكتشفهُ ماري كوري؛ كما إنَّ أحدَ نظائرِ السِّرنَشِيومِ، السِّرنَشِيوم-٩٠، هو أحدُ المُكوِّناتِ الخطِرةِ للسَّقَطِ النَّوَوِيِّ، لكنَّهُ يُستخدمُ أيضًا في معالجةِ سَرَطاناتِ الجِلْدِ. وجميعُ فِلِزَاتِ الأثرِبةِ القِلْوِيَّةِ ذاتُ لونٍ أبيضٍ فضيٍّ في حالِ النَّقاوةِ؛ وخاصيَّتها الكيماويَّةُ شبيهةٌ بخصائصِ الفِلِزَّاتِ القِلْوِيَّةِ، لكنَّها أقلُّ تفاعليَّةً؛ والغلافُ الخارجِيُّ لذراتِها يحوي إلكترونين.



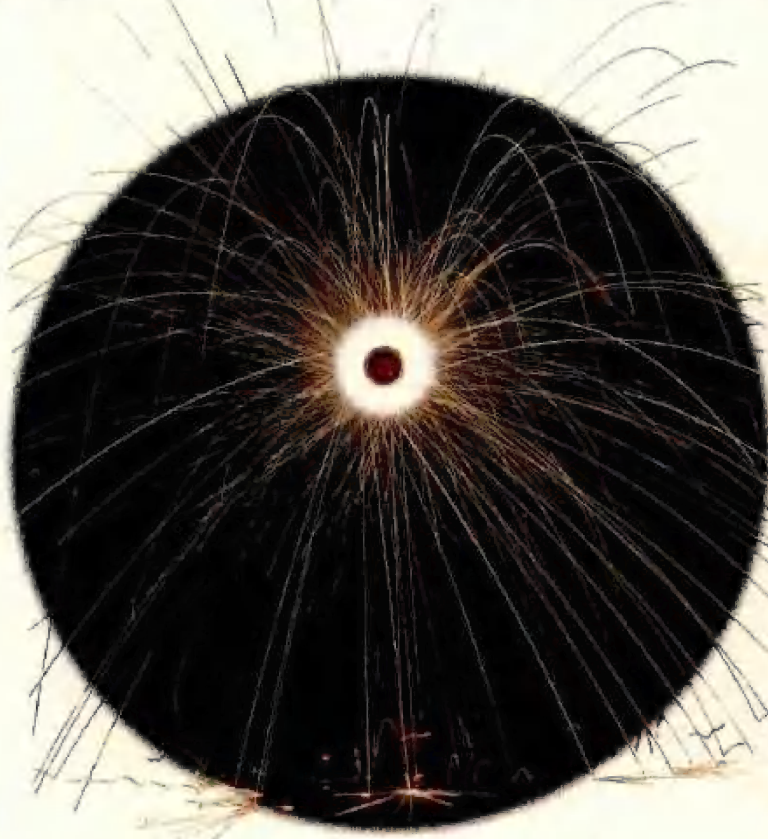
تتألف المجموعة ٢ من: البريليوم (بي) والمغنيسيوم (مغ) والكالسيوم (كا) والسِّرنَشِيوم (سر) والباريوم (با) والرادِيوم (د) المُشعِّ.

## ألوانُ الأسْهُمِ النَّاريَّةِ

الألوانُ الزاهيةُ التي تُشاهدُها في المُفرِّعاتِ الإشعاعيَّةِ تُنتجُها بِضوَرَةٍ رئيسيَّةٌ فِلِزَّاتُ الأثرِبةِ القِلْوِيَّةِ. فالمغنيسيومُ يُستخدمُ في بعضِ الأسْهُمِ النَّاريَّةِ لِوُلْدِ الضوءِ الأبيضِ الساطعِ، كما إنَّ مُركَّباتِ السِّرنَشِيومِ تُنتجُ الألوانَ القرمزيَّةَ، وتولِّدُ مُركَّباتُ الباريومِ اللونَ الأخضرَ بظلاله المُختلفة.

## السِّبَّاتُ الخفيفة

يُستخدمُ المَغْنِسيومُ على نطاقٍ واسعٍ في سبائكِ هَيَاكِلِ الدَّراجَاتِ، مِن مَقَوِّماتِ هذه السبائكِ أيضًا فِلِزَّاتُ أُخرى، كالألومِيْنِيومِ والخارصينِ (الزُّنك)، تُخفِّضُها خفيفةً وعَمِيَّةً.



## وَجْبةُ الباريومِ

يُعطى بعضُ المرضى في المستشفيات «وَجْبة» تحوي كبريتاتِ الباريومِ قَبْلَ التَّصوِيرِ بالأشعةِ السَّيِّئَةِ (الأشعةِ إكس). وهذا المُرَكَّبُ غيرُ مُنفذٍ لِأشعةِ إكس - مِنَّا يُظهِرُ الجِهازَ الهضميَّ بِوضوحٍ على الصُّورةِ؛ فيُستَخدَمُ لِلأطباءِ تَشخيصَ الحالةِ وتحديدَ البَولَةِ.

## المَغْنِسيومُ الخَبَوِيُّ

البَحْضُورُ (الكُلُوروفيل) ضروريٌّ جِدًّا لِلنباتاتِ في عَمَلِيَّةِ التَّخْلِيْقِ الفُتَوِيِّ (لِصَّنعِ الكربوهيدرات). فالبَحْضُورُ يحوي مُركَّباتِ المَغْنِسيومِ التي تُساعدُ النِّباتَ في أَسْرِ الطاقةِ الشَّمْسيَّةِ لِيقوِّمَ بِعَمَلِيَّةِ التَّخْلِيْقِ.



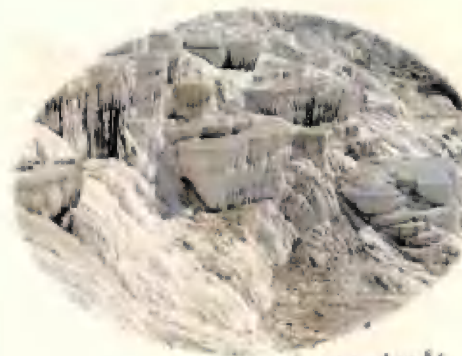
البَحْضُورُ يَكْسِبُ النِّباتاتِ لَوْنها الاخضرَ.



يُوجدُ البَحْضُورُ في البِلَاشَتِيَّاتِ والخَضرا، وهي خُصِيصاتٌ دَقِيقةٌ في خَلايا النِّباتِ.

## كالسيومُ العِظامِ

الكَالسيومُ عَصَرٌ قِواميٌّ رئيسيٌّ في العِظامِ حيثُ يُوجدُ فيها مُركَّباتُ كُثُفاتِ الكالسيومِ. وهذه تَكْسِبُ العِظامَ صَلابةً لِتُثَبِّتَ هيكَلِيَّةَ الجِسمِ وتَمَلِّقُ أَجزاءَ الأُغْرى.



## شَلالاتُ طَباشيريَّة

في يَنابِعِ باثُوكالِ الحارَّةِ تُركِبا يُقَبِّضُ الماءَ السَّاحِنَ متصاعداً نحو السطحِ لِشَبابِ شَلالاتٍ فوقِ الصَّخورِ المَكثِفَةِ. فإذا كانَ مَحتوى الماءِ مِنَ الطَباشيرِ الذَّوائِةِ (بيكربوناتِ الكالسيومِ) وفيرًا، يَأْخُذُ هذا بِالتَّرسُّبِ بَعدَ تَجَرُّ الماءِ قُلُواتٍ (ج. دَلَاة) مِنَ الطَباشيرِ غيرِ الذَّوائِةِ (كربوناتِ الكالسيومِ).

## لِمزيدٍ مِنَ المَعلُوماتِ انظُرْ

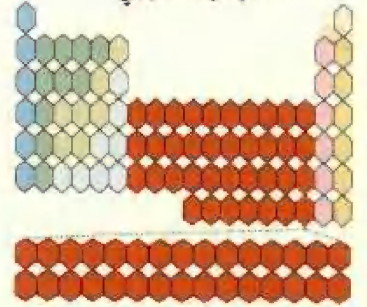
- الجدولُ الدَّوريُّ للعناصرِ ص ٣٢
- المُركَّباتُ والمُزبِجاتُ ص ٥٨
- القِلْوِيَّاتُ والقواعدُ ص ٧٠
- التَّخْلِيْقُ الفُتَوِيُّ ص ٣٤٠
- الهَيَاكِلُ الدَّاعِمةُ ص ٣٥٢
- حقائقٌ ومَعلُوماتُ ص ٤٠٢



# الفِلِزَّاتُ الْإِنْتِقَالِيَّةُ

الحديد والنيكل والفضة والذهب فلزّاتٌ نموذجيّة، وهي بَرّاقَةٌ صُلْدَةٌ مَتِينَةٌ، ومُوصِلاتٌ جيّدةٌ للحرارة والكهرباء، وذاتُ درجات انصهارٍ عالية. وهي، في الجدول الدّوري للعناصر، مع معظم الفلزّات النّمودجيّة الأخرى، تولّف كتلةً مركزيّةً من العناصر تُدعى الفِلِزَّاتُ الْإِنْتِقَالِيَّةُ. إنّ كلّاً من هذه العناصر شبيهٌ جدّاً بالعناصر التي تُجاوره في الجدول الدّوري. وبالإضافة إلى كونها فلزّاتٌ نموذجيّة، فللعناصر الانتقاليّة خصائصٌ أخرى مُشتركة. فالكثيرُ منها ذو نكافٍ مُتغيّر، والكثيرُ منها حقازاتٌ تفاعل جيّدة، كما إنّها تشكّل سبائكٌ متينة مع فلزّاتٍ أخرى، والكثيرُ من مُركّباتها ملوّنة.

## الجدول الدّوري



هناك كثرةٌ من الفلزّات الانتقاليّة؛ بعضها معروفٌ سالوف، والبعض الآخر نادر جدّاً. وتتضمّن الفلزّ الأكثر شهرة الحديد (ح) والكوبلت (كو) والنيكل (ني) والسّحاس (نح) والخرصين (خ) والفضة (ف) والكاديوم (كد) والتنجست (تن) والميلاني (بت) والذهب (د) والزنك (زن).



## شَمْعَةُ إشعال

تُضخّ الجسم الرئيسي واللكتروليت الشفلي لشَمْعَةِ الإشعال (بالشّر) من الحديد. أمّا اللكتروليت الأوسط فيصنع غالباً من سبائك السّحاس.

تُضخّ نوايض التعليق من الفولاذ الذي يحوي نسبةً متوسطةً عاليةً من الكربون، وهو يصلّد ويُعالج بالحرارة لزيادة قوّته ومقاومته.

يُضخّ بدن المحرّك (الذي يحوي الأسطوانة حيث يُفجّر مزيج الوقود) من حديد السّبي، وهو يحوي نسبةً متوسطةً عاليةً من الكربون وشوائبٍ أخرى، كما إنّهُ رخيص الثمن ومقاومٌ جيّدٌ للصدأ.

يُحوي المُؤلّد، وهو جهاز توليد الكهرباء في السيارة، ملفّاتٍ من أسلاك السّحاس الرفيعة، وفي أماكنٍ أخرى من السيارة، قد يبلغ طول أسلاك السّحاس التي تُؤسّل مُقدّراتها الكهربائيّة حوالي ١٠٠ متر.

## الفلزّات الانتقاليّة في السيّارات

السيّارة مثّل جيّدٌ على شيءٍ مُصنّع من فلزّاتٍ انتقاليّة عديدة. فهيكليها يتألّف من الفولاذ المطوّع، وهو حديدٌ به قليلٌ من الكربون. ويحوي الفولاذ أيضاً مقاديرٌ ضئيلةً من السّيليكون لتحسين نوعيته ومقاومته. وقد يُغلّف الهيكل الفولاذي (أي يعلّى بالزنك) لوقايته من الصدأ.

تُضخّ نوايض الشّعات، التي تحكّم صماماتٍ تنظّم تزيان مزيج الوقود، من الفولاذ المزوّج بالكروم والقاديوم لكي تُصنّف لدرجات الحرارة المرتفعة، وتُدوم لفترةٍ أطول.

تُضخّ دبابات السيّارات غالباً باستخدام مُركّبات الفلزّات الانتقاليّة. فقد يحوي الأدهان الأبيض ثاني أكسيد التيتانيوم؛ والأدهان الأحمر والأصفر قد يحويان كبريتات الكاديوم.

يُطلّى عاكس المصابيح الأمامي غالباً بالكروم. فيه تلبّ الطليّة الدهانيّة الصّلبة والشفليّة فوق طبقاتٍ أساسيّة من النيكل والسّحاس.

تُحوي مُضبّلةً لمصباح الإضاءة فليّةً من التّنجست الذي يحتفظ بمعدّته على درجات حرارة الإضاءة (حوالي درجة ٢٦٠٠°س)، ويدوم طويلاً.

يُستخدم الفولاذ الذي لا يتصدأ، وهو حديدٌ مُوشّب بالكروم والنيكل، للرخاف في أماكنٍ مختلفة؛ كما يُستخدم في شتّى أنواع الإطارات أحياناً.

## الخرصين (الزنك)

يُستخدم الخرصين كثيراً في البطاريات. فهو يُشكّل الغلاف الخارجيّ في البطاريات الجافة.

بطاريات مصابيح الجيب. أمّا بطاريّة الزنك الفضيّة الصغيرة، فالخرصين في دواخلها.

بطاريّة عاديّة مُزوّعة الطاقة الخارجيّة لتتّيان الغلاف الخرصينيّ.

بطاريّة من النوع الذي تُجده داخل بعض الشّعات.

## الحديد ضروريٌ للحياة

بعض المُركّبات الحاويّة الحديد ضروريّة للكائنات الحيّة. ففي الثّياب، تُشبه مُركّبات الحديد في تكوين اليخضور (الكلوروفيل) الأساسيّ في عمليّة التخليق الضوئي. وفي الثّيوغلات يتواجد الحديد في جيموغلوبين (يُخمّر) كريات الدم الحمراء؛ وهو يحمل الأكسجين إلى مُختلف أنحاء الجسم.



## الفلزّات المغنطيسيّة

الحديد والكوبلت والنيكل يمكنُ مغنطتها بقوّة. المغناطيس الكهربائيّة ذات قلبٍ من الحديد.

المطّوع يَمَغْنَطُ بقوّة عند إمّار الكهرباء في اللفّات التي تُحيط به. وتُستخدم المغناطيس الكهربائيّة لنقل فضالات الحديد الهالكة والحركة، فنُقل هذه الفضالات عند وصل الدّارة الكهربائيّة وتُشغّل عند قطعها.





## الفضة

الفضة فلز ناعم، استخدم في صناعة الحلبي منذ آلاف السنين. وتستخدم اليوم على نطاق واسع في صناعة التصوير الفوتوغرافي، لأن مركباته مع الكلور والبروم واليود حساسة جداً للضوء. وهي تولد التغيرات الفعالة على سطح الأفلام الفوتوغرافية. تتركز مركبات الفضة كيميائياً بالضوء وتغيره. ويستثنى هذا التغير في عملية التطهير حيث تحول مركبات الفضة المتأثرة بالضوء إلى فضة نقية تولد لحيايتها الصغيرة مناطق السلبية الفوتوغرافية القابلة.

## البلاتين

البلاتين فلز نقيس يستخدم في صناعة الحلبي كما الذهب والفضة. وتعود غمسه إلى كونه نادراً وجذاباً كما أنه لا يصدأ ولا يتآكل. لذا يستخدم أيضاً في صناعة الإلكترونيات والقدارات الإلكترونية - التي لن تعمل كما ينبغي إذا صدرت أسلاكها أو تكتلت. أما الإشعاع الرئيسي للبلاتين في الصناعة فهو كحافز كيميائي يسرع التفاعلات الكيميائية كما في تكسير المشتقات النفطية.



يتألف هذا  
الإلكترون  
المزيج الصغير  
من البلاتين  
وهو فعال بدوم طويلاً  
ولا يصدأ.

## الفلزات الطبيعية التواجد

معظم العناصر لا يتواجد طبيعياً (في حالة النقاوة) في قشرة الأرض، ما خلا بعض الفلزات الانتقالية، كالنحاس والفضة والذهب والبلاتين. وقد ظل الذهب على مدى القرون أكثر الفلزات نفاثة، فهو أحد العناصر الأقل تفاعلية كيميائياً في الجدول الدوري. وفي الصورة المقابلة سبائك ذهبية نقاوتها ٩٩٠ تقريباً، وهي لا تفقد بريقها أبداً.



تُرَفِّق السبائك  
الذهبية لأسباب  
أمنية.

صورة ملونة  
بأشعة تحت  
الأشعة فوق البنفسجية  
فقط في مكانه

تفصيل الزرك الثيتانيومي هذا لن  
يتفاعل كيميائياً مع ما يحيط به من  
الاشعة حتى يثبت في مكانه.



## التيتانيوم

التيتانيوم فلز قوي عديم التفاعلية. لذا فهو يستخدم لاستبدال مفصل الزرك ولأي أجزاء أخرى تُقرس في الجسم لزأب أو استبدال العظام المفقودة.

## السلسلة الانتقالية الداخلية

قسم من السلسلة الانتقالية للفلزات، هو السلسلة الانتقالية الداخلية، يتألف من دورتين في الجدول الدوري هما اللانثيدات، التي اللانثانوم أول عناصرها، في الدورة ٦، والأكتييدات، التي يصدرها الأكسيوم، في الدورة ٧. إن للعناصر ضمن كل من هاتين المجموعتين خصائص كيميائية متماثلة؛ فاللانثيدات متماثلة إلى حد يجعل الكيميائيين يجدون صعوبة في التفريق بينها. والأكتييدات كلها مُشعة، بالإضافة إلى كون خصائصها متماثلة.

اليورانوم



## اليورانوم المنقى

اليورانوم أشهر الأكتييدات، فهو الوقود المستخدم في المفاعلات النووية. يُستخرج اليورانوم من البُشْلُند، ويجري تعديل هذا الخام بمراقبة وجرحي شديدين.



## سبائك النيكل

تُصَنِّع الفولاذ المعدني  
الفضة اللؤلؤ من سبائك  
النحاس والنيكل. وتستخدم

النيكل، مع فلزات انتقالية أخرى هما الحديد والكروم، في صناعة الفولاذ الذي لا يصدأ. والنيكل فلز صلب لا يصدأ ولا يفقد بريقه، وهو يكتسب خصائصه هذه لسببته. ويؤلف النيكل مع الحديد سبيكة لينة متينة (هي الألفا) تستخدم في آلات القياس الدقيقة، تكاد لا تتصدأ أو تتقلص بتغير درجات الحرارة.



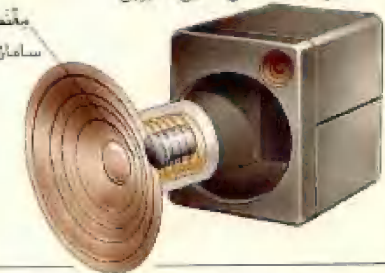
## بطاريات غاليليو

الشارب الفضائي  
الأمريكي، غاليليو، المنتج نحو المشتري، مزودة  
بطاريات نووية (تدعى مولدات كهروحرارية بالنظائر  
المشعة) يمدّها بالهوتونيوم بالطاقة اللازمة.

## الساماريوم في المقتطيسات

المقتطيسات في المجهر تساعد في بث الصوت.  
فالساماريوم، من اللانثيدات، والكونث يتجان  
مقتطيسات قوية جداً تتكون من سطح متجاذب أصغر كثيراً  
مجهزة بمخاريط من هذين الفلزتين.

مقتطيس  
ساماريومي



## لمزيد من المعلومات انظر

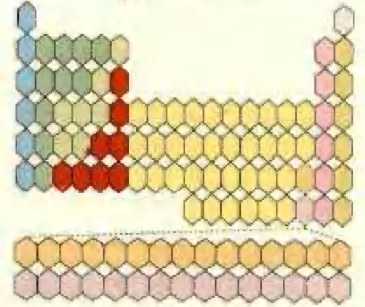
- النشاط الإشعاعي ص ٢٦
- المخازن ص ٥٦
- الحديد والفولاذ ص ٨٤
- السبائك ص ٨٨
- الأصباغ والخشب ص ١٠٢
- الطاقة النووية ص ١٣٦
- الكهرومغناطيسية ص ١٥٦
- التصوير الفوتوغرافي ص ٢٠٦
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢



# الفِلِزَّاتُ الوَضِيعَةُ

بعضُ الفِلِزَّاتِ رِخْوَةٌ ضَعِيفَةٌ مُقاوِمَةٌ الشَّدَّ سَهْلَةٌ الانصِهارُ؛ وَرُغْمَ تَسْمِيَّتِهَا بِالوَضِيعَةِ فَإِنَّهَا عَظِيمَةُ الْفَائِدَةِ. اسْتَخْدَمَ النَّاسُ الْقَصْدِيرَ وَالرَّصَاصَ مُنْذُ أَقْدَمِ الْعُصُورِ لِسَهُولَةِ اسْتِخْلَاصِهَا مِنْ خَامَاتِهَا. وَهَما مُفِيدانِ بِخَاصَّةٍ فِي صُنْعِ السِّبَاثِكِ؛ فَالْبُرُونزُ، وَهُوَ مِزْجُ النِّحَاسِ وَالْقَصْدِيرِ، كَانَ أَوَّلَ السِّبَاثِكِ الَّتِي صَاغَهَا الْإِنْسَانُ حَوالَى الْعَامِ ٣٥٠٠ ق.م. وَقَدْ عُرِفَتْ سِبَاثِكُ اللَّحَامِ وَالْبَيُوتَرِ (سِيبَكَةُ الْأَوَانِي الْمِثْلِيَّةِ) الْقَصْدِيرِيَّةُ الرَّصَاصِيَّةُ لَاحِقًا. وَاسْتَخْدَمَ الرُّومَانُ الْقُدَامَى الرَّصَاصَ، وَهُوَ أَحَدُ أَكْثَفِ الْفِلِزَّاتِ الشَّائِعَةِ، فِي شَبَكَاتِ الْمِياهِ، كَمَا مَا زِلْنَا نَسْتَخْدِمُهُ الْيَوْمَ. لَكِنَّ اسْتِخْدَامَ الرَّصَاصِ يَنْطَوِي عَلَى خَطَرِ التَّسَمُّ إِذْ إِنَّ سُمِّيَّتَهُ تَرَاكُمِيَّةٌ فِي الْجِسْمِ. وَمِنَ الْفِلِزَّاتِ الْوَضِيعَةِ أَيْضًا الْأَلُومِينِيُومُ - أَحَدُ الْفِلِزَّاتِ الْأَخْفِ (الْأَقْلَى كَثَافَةً)، وَهُوَ سَهْلُ التَّشْكِيلِ وَمُقاوِمٌ لِلتَّأَكُّسِ.

## الْجَدُولُ الدَّوْرِي



الْأَلُومِينِيُومُ (ألم)، الْجَالِيُومُ (جا)، الْإِنْدِيُومُ (ند)، الثَّالِيُومُ (ثل)، الْقَصْدِيرُ (ق)، الرَّصَاصُ (ص)، الْبُرُونزُ (بر)، وَالْيُولُونِيُومُ (ين)



يُشْخَعُ هَيْكَلُ الطَّائِرَةِ وَاسْطُحُهَا مِنْ صَفَانِجٍ شَبْرَشَمَةٍ مِثْلًا مِنْ سِبَاثِكِ الْأَلُومِينِيُومِ. وَالْأَلُومِينِيُومُ يَتَفَاعَلُ بِسُرْعَةٍ مَعَ اكْسِجِينِ الْهَوَاءِ عَكْثًا طَبَقَةً رَاقِيَةً تَمْنَعُ اسْتِمْرَارَ التَّأَكُّسِ؛ لِذَا فَهُوَ لَا يَحْتَاجُ طَبَقَةً وَهَامِي تَحْتَهُ مِنَ التَّأَكُّلِ كَالْحَدِيدِ.

جَنَاحُ الطَّائِرَةِ لِحَوِّفِ غَدَا بِضَمَّةٍ «اضلاع» تَتَشَكَّلُ اسْطُحُهَا الْأَلُومِينِيُومِيَّةُ الْخَارِجِيَّةُ فِي وَاقِعِهَا. وَهَذَا يُخَفِّفُ وَزْنَ الطَّائِرَةِ إِلَى الْخُدِّ الْأَدْنَى.



## ثَقِيلٌ كَالرَّصَاصِ

كثَافَةُ الرَّصَاصِ عَالِيَةٌ، لِذَا فَهُوَ حَالٌّ جَيِّدٌ لِحِدِّ الْإِشْعَاعِ. وَنُسْتَفَادُ مِنْ هَذِهِ الْخَاصَّةِ فِي الْمَرَاكِزِ النَّوَوِيَّةِ وَأَقْسَامِ الْأَشْعَةِ السَّيِّئَةِ فِي الْمُسْتَشْفَيَاتِ، حَيْثُ يَلْبَسُ الْعَامِلُونَ مَازِرَ مُرَصَّصَةً. تُخَفِّضُ هَذِهِ الْمَازِرُ بَشَيِّ مِزْجِجٍ مِنْ مُشْحَقِ الرَّصَاصِ مَعَ مَادَّةٍ لَدُنْفِهَا لِلْحَصُولِ عَلَى صَفَانِجٍ مَرُونَةٍ قَابِلَةٍ لِلإِنْتِشَاءِ. وَمِنْهَا تُقَصَّرُ الْأَوْدِيَّةُ وَالْمَازِرُ بِالشَّكْلِ الْمُنَاسِبِ.



قَدْ تَسْتَنْبِطُ حُرْدُوقُ الرَّصَاصِ (مِنْ بِنَادِقِ الصَّيْدِ) بِنَقْطَاتِ الْبَرَارِي؛ فَالطَّبِيرُ الَّتِي تَبْلُغُهُ تَتَسَمَّمُ بِهِ تَدْرِيجِيًّا.

## الرَّجَاجُ الْمُرَصَّصُ

يَرْتَقِي الْبَلُورُ يَنْتِجُ مِنْ إِضَافَةِ أَكْسِيدِ الرَّصَاصِ إِلَى الرَّجَاجِ. وَالرَّصَاصُ أَيْضًا يُقَرِّبُ الرَّجَاجَ الْيَلُورِيَّ فَيَسْهُلُ نَقْشُهُ وَحُجْرُ التَّصَاوِمِ الْبَرَّاقَةِ عَلَيْهِ.

## لِزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انظُرْ

- الْبَيْتَةُ الْمَرْيَمَةُ ص ٢٤
- الْجَدُولُ الدَّوْرِي لِلْعَلَامَةِ ص ٣٢
- سِلْسِلَةُ التَّضَاعُفِ ص ٦٦
- الْكَهْرَلَا (التَّحْلِيلُ الْكَهْرِبَائِي) ص ٦٧
- الْأَلُومِينِيُومُ ص ٨٧
- السِّبَاثِكُ ص ٨٨
- حَقَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤٠٢



## الاسْتِخْدَامَاتُ الْكَهْرِبَائِيَّةُ

الْأَلُومِينِيُومُ مُوَضَّلٌ جَيِّدٌ لِلْكَهْرِبَاءِ، وَهُوَ يُسْتَخْدَمُ فِي شَبَكَاتِ حُطُوطِ التَّقْلِي الْكَهْرِبَائِيَّةِ الْعَالِيَةِ التَّوَرِّثِ الْمَحْمُولَةِ عَلَى أَرْجَاحِ ضَخْمَةٍ فِي طُولِ الْبِلَادِ وَغَرَضِهَا. وَهَذِهِ الْخُطُوطُ (الْكَبُولُ) ذَاتُ قَلْبٍ فُولَادِيٍّ يُكْسِيهَا مَنَاطَةُ وَقْوَةٍ.

## عَلْبٌ مُقَصَّدَرَةٌ

يُسْتَخْدَمُ الْقَصْدِيرُ الثَّقِيْلُ عَلَى نِطاقٍ وَاسِعٍ فِي طَلَاةِ الْفُولَادِ لِصُنْعِ صَفَانِجِ الصَّاحِ إِذَا بَغَّرَهُ فِي الْقَصْدِيرِ الْمُتَفَضِّلِ أَوْ بِالْكَهْرَلَا (التَّحْلِيلُ الْكَهْرِبَائِي). عُلْبُ التَّنَكِ الْعَادِيَّةُ تُصْنَعُ مِنْ صَفَانِجِ الصَّاحِ، أَمَّا غَالِيَةُ عُلْبِ الْمَشْرُوبَاتِ فَتُصْنَعُ مِنَ الْأَلُومِينِيُومِ.



## سِبَاثِكُ الْقَصْدِيرِ

## وَالرَّصَاصِ

يُسْتَخْدَمُ الْبَيُوتَرُ، سِيبَكَةُ الْقَصْدِيرِ وَالرَّصَاصِ، فِي صُنْعِ الْأَبْرَاقِ الْمَعْدِنِيَّةِ وَالزَّخَاوِفِ. أَمَّا سِبَاثِكُ اللَّحَامِ فَمِزْجٌ مُخْتَلِفٌ مِنَ الْقَصْدِيرِ وَالرَّصَاصِ يُسْتَخْدَمُ فِي لِحَامِ الْفِلِزَّاتِ لِوَضْلِ الْأَنْيَابِ وَالذَّوَارِ الْكَهْرِبَائِيَّةِ.



# أشباه الفلزات

معظم العناصر الكيماوية ذو خصائص معينة تميزه وتحدد وضعه مع الفلزات أو مع اللافلزات. لكن بضعة منها ذات خصائص تضعها بينَ بين، وهي المعروفة بأشباه الفلزات أو شبه الموصلات. فالزرنيخ، مثلاً، فلزي المظهر لكنه موصل رديء للحرارة ولل كهرباء؛ وهو، كما اللافلزات، يكون مركبات مع كثير من الفلزات. ويستخدم الكثير من أشباه الفلزات في السباتك، فالسليكون، مثلاً، هو أحد أهم المقومات المضافة إلى الحديد لصنع الفولاذ، والإنميد (الأتيمون) يشكل جزءاً من سبيكة محاميل الكريبات.

أما الاستخدام الأهم لأشباه الفلزات فهو في أشباه الموصلات المستعملة حالياً في صنع الرقاقات الصغرية ومقومات إلكترونية أخرى.



السليكات

السليكون هو أكثر العناصر الجادة وفرة في مادة الأرض. وأكثر تواجد على شكل مركبات متحدة، تدعى السليكات، في الصلصال والصخور والبلورة أعلاه هي من سليكات الألومنيوم والبوتاسيوم، المعروفة بالفلسبار، أحد أوسع معادن الأرض انتشاراً.

الجدول الدوري



اليورون (ب)، السليكون (س)، الجرمانيوم (ج)، الزرنيخ (ز)، الأتيمون (نت)، السليكون (سل) والتورديوم (تل)

## اليورون والسليكون

يُصنع الزجاج من الرمل، أحد أشكال معدن السليكا (ثاني أكسيد السليكون). والرمل (الكوارتز) هو معدن آخر من السليكا كثيراً ما يوجد كبلورات جذابة. الزجاج الصامد للحرارة يحوي شبه فلز آخر هو اليورون الذي يحد من تمدد الزجاج كثيراً وتثقبه عند الإحشاء، فيمكن وضع المكثف من زجاج البوروسيليكات على الموقد مباشرة، لذا تصنع الأواني الزجاجية المخبرية من هذا النوع من الزجاج.



هذه الخلايا الشمسية مفتوحة من أسطوانة سيليكونية شمسية

## الخلايا الشمسية

تصمم الشرائط غالباً لتبني في الفضاء شواط عديدة. والبطاريات العادية لا تدوم طويلاً، فهي بالتالي لا تصلح لهذه الشرائط. لذا تستخدم موقفات كبيرة من البطاريات الشمسية. وهذه الموقفات الشمسية تحوي ألواحاً من خلايا السليكون الدقيقة، التي تحول طاقة ضوء الشمس مباشرة إلى كهرباء. وتوضع الموقفات بحيث تظل دائماً في مواجهة الشمس؛ ومع دوران الشائل حول الأرض، يمكن تحويل الكمية القصوى من ضوء الشمس إلى طاقة كهربائية.

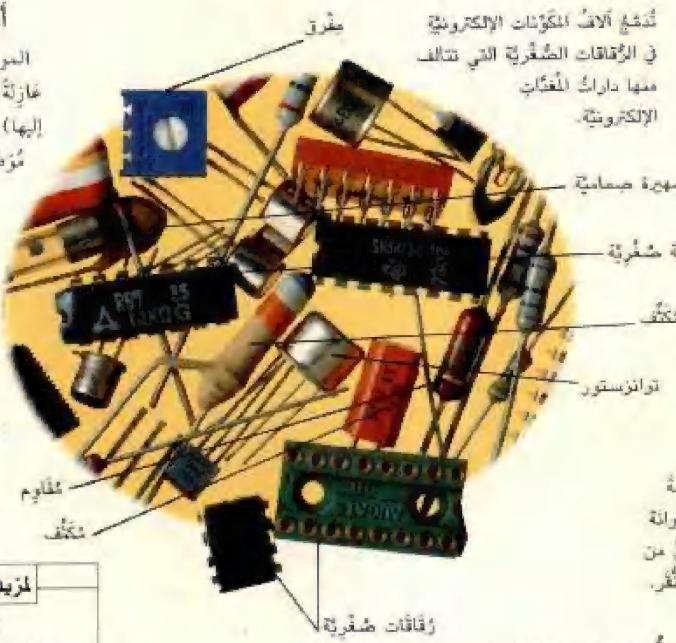
أسطوانة (قرصية) مثقبة



تخزن ذرات في زرنخيد الجاليوم على ابتعاث الضوء الذي يثقب بعضه مضاعفاً كشرية ليزرية.

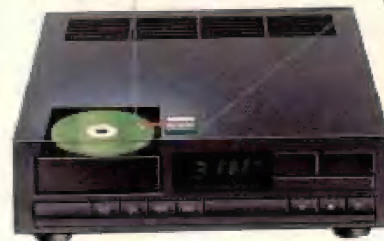
## أشباه الموصلات

المواد التي يمكن أن تصبح موصلة أو عازلة، تبعاً لما تعالج به (أي يضاف إليها) من مواد أخرى، تدعى أشباه موصلات. والسليكون هو أكثر أشباه الموصلات استعمالاً - معالجات باليورون أو القصور. وتستخدم أشباه الموصلات في صنع نايقل، كالدايوفات (الصمامات الثنائية) والترانزستورات، يمكنها إمرار التيار الكهربائي أو تقويمه أو كبحه.



## الأسطوانات المدمجة

تسجل الموسيقى كثير على الأسطوانة المدمجة، ويتم قراءتها بواسطة خزمة ليزرية خفيفة القدرة. والليزر (تضخيم الضوء بانبعاث الإشعاع المُنشط) هنا هو ليزر دايودي (شبه موصل) يتبعه زرنخيد الجاليوم. والدايود هو نيطة معالجة لإمرار التيار في اتجاه واحد فقط. هذا وتستخدم الليزرات الدايودية أيضاً في الإشارات في خطوط الهاتف الألياف البصرية.



## لمزيد من المعلومات انظر

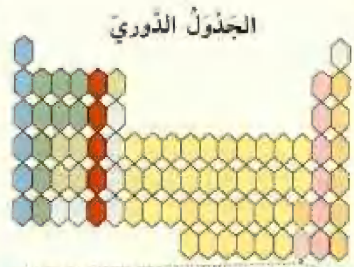
- البطاريات ص ٣٠
- الجدول الدوري للعناصر ص ٣٢
- الزجاج ص ١١٠
- تصميم المواد ص ١١١
- الكهرباء الثابتة ص ١٤٨
- مقومات إلكترونية ص ١٦٨
- الصخور والمعادن ص ٢٢١
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢



# الكربون



لا يقاء لكانن حي نباتا كان أم حيوانا بدون الكربون. فالكربون في أجسادنا، وفي طعامنا وفي الهواء من حولنا. كيميائيا، تستطيع ذرة الكربون الترابط مع ما قد يبلغ أربع ذرات من عناصر أخرى، أو مع ذرات أخرى من الكربون، بحيث يتواجد في الطبيعة من مركبات الكربون أكثر مما يوجد من مركبات كافة العناصر مجتمعة. والكربون غنصر لافلزي، يوجد نقيًا في الطبيعة على شكل ألماس وجرافيت، أو مركبًا كما في الصخور الكربونية كالطباشير، والوقد الأخفورية كالقحم، وثاني أكسيد الكربون في الهواء. عند احتراق الوقود، يتحد محتواها من الكربون مع أكسجين الهواء مكونًا ثاني أكسيد الكربون. لكن فرط كمية ثاني أكسيد الكربون في الجو يحتجز حرارة الأرض فيسحبها، كمثل زجاج المستنبتات الزجاجية - فيما يُعرف بظاهرة الدفيئات.



تتألف المجموعة ١٤ من: الكربون (ك) والثلبيكون (س) والجرمانيوم (ج) والقصدير (ق) والأصا (صا)

## المشروبات الفوّارة

إنّ حبّ المشروبات الفوّارة هو فقائغ ثاني أكسيد الكربون. فهذا الغاز مذاب فيها تحت الضغط، ويؤزل الضغط يطلّ منها حبًا وفاقاع.

## أشكال الكربون المختلفة

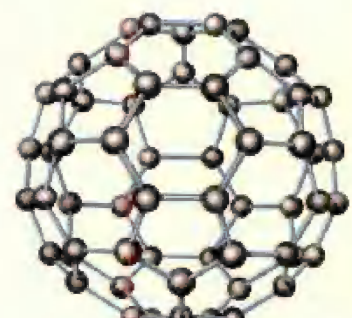
للؤلة الأولى، يبدو الألماس مختلفًا جدًا عن الجرافيت، فالألماس صلب وصافي، والجرافيت لين ورمادي، لكنهما شكلان تآصليان للعنصر نفسه. ويؤلف الكربون أيضًا قسمًا كبيرًا من القحم، فالقحم عندما يُحسّ يغزل عن الهواء، يتحوّل إلى وقود لا دخاني هو الكوك. أما القحم الباتني، فحم المتائل، فهو كربون يُحضر بحرق الخشب جزيًا، ومثله فحم العظام.



الأنتراسيت، أفضل أنواع القحم، إذ تزيد نقاوته عن ٩٠٪.



في الألماس، تترابط كل ذرة كربون مع أربع ذرات أخرى من الكربون.



## كربونات بكنستر الكربونية

عام ١٩٩٠، اختلف العلماء شكلًا تآصليًا ثالثًا للكربون، عدا الألماس والجرافيت. وثبّ البنية العنصرية لهذا الشكل قرة القدم أو الشفّ الشفّ لبطن شرج صمته المهندس الأمريكي بكنستر فولكر، فدعى شكل الكربون هذا باسمه - بكنستر فولكرين - كما يدعى الجزيء الواحد منه أحيانًا «بكنبول» - أي قرة نكي.

## الألياف الكربونية

تُحسّ ألياف الأنسجة العضوية لتحضير خيوط حريرية النعومة من الكربون النقي. وتُمرّج هذه الألياف بمواد أخرى كاللدائن لتخليق مواد مؤلفات خفيفة ومثينة جدًا. ويُستفاد من مؤلفات الألياف الكربونية هذه في صناعة الأدوات والأشياء التي تتطلب جفّة ومثانة - من مضارب التنس حتى الطائرات الصغيرة.



الألياف الكربونية أرفع بكثير من شعر الإنسان، لكنها أقوى من الفولاذ بشماني مرات، بتماني مرات.



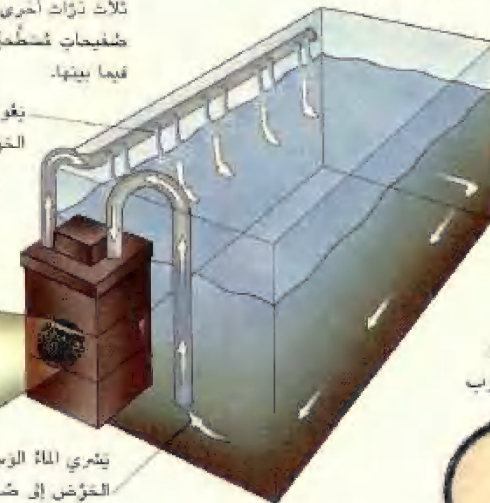
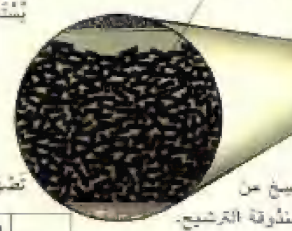
في الجرافيت، تترابط كل ذرة كربون مع ثلاث ذرات أخرى فقط من الكربون في شفيفات شطمة شفيفة التجاذب فيما بينها.

بغزو الماء النقي إلى الخوض، ينقش القحم الباتني المنشط الأوساخ والشوائب.

## الكربون الكهربائي

الكربون غنصر لافلزي غير عادي بين اللافلزات لأنه مؤهل جيد للكهرباء. ففي صناعة الفولاذ يُستخدم قطبان سخخان من الجرافيت في فرن القوس الكهربائي كالكثروتن. ويندق شرر القوس الكهربائي وهبًا متفازًا بين الإلكثروتن مشعًا حرارة شديدة تشهر الخام والحرارة الفلزية في الفرن.

لمزيد من المعلومات انظر
الجدول الدوري للعناصر ص ٣٢
الكيمياء العضوية ص ٤١
الحديد والفولاذ ص ٨٤
مُنتجات القحم ص ٩٦
تصميم المواد ص ١١١
دورات في الغلاف الحيوي ص ٣٧٢
حقائق ومعلومات ص ٤٠٢



## القحم الباتني المنشط

القحم الباتني المنشط ذو قدرة امتزازية عالية، أي إنه يجذب المواد إلى سطحه، فيمكنه بذلك إزالة الغازات السامة والروائح الكريهة من الهواء. لذا يُستخدم هذا القحم في كمامات الغاز ومُظطومات التهوية في الغربات الفضائية ومُكّات مواقف الطبع. كما يُستخدم أيضًا في نقيّة السوائل، كالماء في أحواض السمك. فيمرّ ماء الحوض النشيط فوق القحم الباتني المنشط لإزالة أوساخه، ثم يُعاد نقيًا إلى الخوض.



# الكيمياء العضوية

الأقشعة ذات الألوان الزاهية التي لا تثبت أشتخت سمكة بفضل أصباغ الأنيلين.



حلقة جزيء البنزين  
تتضمن ستة ذرات كربون  
وسب ذرات هيدروجين.

## المعطريات (الأروماتيات)

والدهنيات (الأليفاتيات)  
البتزين سائل عضوي لهوت عديم اللون حاد الرائحة. والمركبات العضوية ذات البنية البنزينية الحلقية تُعرف بالأروماتيات. وقد كان الأنيلين أحد هذه المركبات (ويُعرف أيضاً بالبتزين الأميني) نقطة البداية لسلسلة كاملة من الأصباغ الزاهية المعروفة بالأصباغ الأنيليكية. أما المركبات العضوية التي تولفها سلاسل من ذرات الكربون، فزينا حلقات، فتعرف بالأليفاتيات.



تُحضّر اللدائن بملعاجة  
المكثفات الاخف في القطر.

زيت السيارات أحد  
مكثفات النفط،  
ويُستخرج منه بالتقطير.

## لمزيد من المعلومات انظر

- كيمياء الهواء ص ٧٤
- كيمياء الجسم البشري ص ٧٦
- منتجات النفط ص ٩٨
- المكثفات ص ١٠٠
- الأصباغ والخشب ص ١٠٢
- تصميم المواد ص ١١١
- دورات في الغلاف الحيوي ص ٣٧٢
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦

الكربون بالغ الأهمية، حتى لقد بلغ من أهميته أن أفرد لدراسته علماً قائم بذاته هو الكيمياء العضوية. ووصفت هذه الكيمياء بالعضوية لأنها كانت سابقاً تقتصر على دراسة الكائنات الحية (وهي كما نعلم تتألف من مركبات الكربون). أما اليوم، فالكيمياء العضوية تُعنى بدراسة جميع مركبات الكربون - عدا «اللاعضويات»، كالكربونات وثاني أكسيد الكربون. ويتميز الكربون عن سائر العناصر بقدرته ذراته الفريدة على الترابط فيما بينها بروابط مستقرة جداً، لذا يمكنها تأليف سلاسل طويلة تضم مئات الألوف من ذرات الكربون. تُقسم المركبات العضوية إلى طوائف أهمها البروتينات والدهون والسكريات (الكربوهيدرات).

## الكيمياء الحيوية

المركبات الكربونية تنطوي على أسرار الحياة - حياة النبات والحيوان - على الأرض. فالحياة ممكنة فقط بفضل كيمياء الكربون الفائقة التعقيد والشفرة الحارية باستمرار في جميع الخلايا الحية.

## دورة الكربون في الكون

يدور الكربون بين الهواء والحيوانات والنباتات والربة باستمرار، فيما يُعرف بدورة الكربون في الكون.

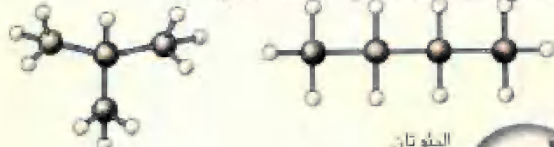
## الكيمياء العضوية

عام ١٨٠٨، اشتهر جوتز بريليوس (١٧٧٩-١٨٤٨)، الكيميائي السويدي، مصطلح «الكيمياء العضوية» عاتياً بها كيمياء الكائنات الحية.  
عام ١٨٢٨، نجح فريدريش وفلر (١٨٠٠-١٨٨٢)، الكيميائي الألماني، بتحضير البوليأنا (البولينا) وهي مركب عضوي طبيعي يُخبرنا من مواد غير عضوية، ومنذئذ صارت الكيمياء العضوية كيمياء معظم مركبات الكربون، وليس مركباته الطبيعية فقط.  
عام ١٨٦٥، اشتق فريدريش كاكوله فون ستراؤنغر (١٨٢٩-١٨٩٦)، الكيميائي الألماني، فكرة البنية الحلقية للبتزين من رؤيته في المنام ألقى نغصاً دلّتها.

المصيفة الكيميائية للبتزين (الأنيلين) هي:  $C_6H_5$ ، وهي تمثل العدد الإجمالي لذرات الكربون والهيدروجين. أما صيغته التركيبية فهي  $C_6H_5$ ، وهذه تبين أن ذرتين من الهيدروجين ترتبطان مع كل ذرة من الكربون، وأن ذرتي الكربون ترتبطتان برابط ثنائي. تتعاون جزيئات البتزين لتتكون سلسلة طويلة من ذرات الكربون المترابطة بروابط أحادية، وهذا يُنتج البوليبتين اللدائني الذي صيغته  $(C_6H_5)_n$ ، ومنه هي عدد تكوّن هذه الوحدة (ك هـ) في المركب المكثور.



الأيسومرات، المتماكيات (المتماثلة التركيب)  
تحتوي بعض مركبات الكربون الذرات نفسها، فهي متماثلة التركيب، لكن خواصها مختلفة لأن ترتيب تلك الذرات فيها مختلف. وتدعى هذه المركبات المتماكيات. فالبيتان وبيروبان الجبل-٢ هما متماكيات (أيسومرات). ويحتوي غاز الفوران دائماً بعض بيروبان الجبل-٢ إضافة إلى البيروبان، وكلاهما يتألف من أربع ذرات كربون وعشر ذرات هيدروجين.



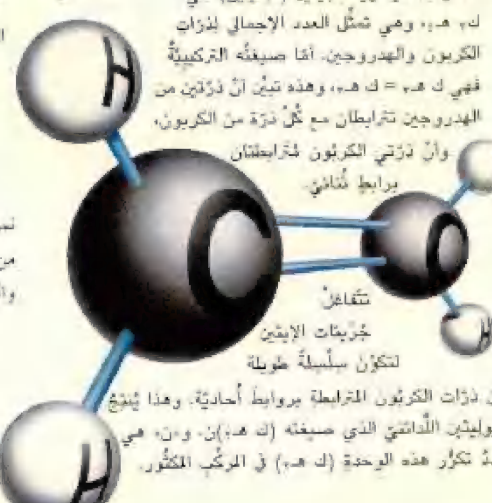
بيروبان الجبل-٢

## الزيت واللدائن

زيت ترليق السيارات وأيضاً لدائن معروفة لا يتشابهن، لكن أشياء مشتركة تجمع بينهما: فكلاهما مادة عضوية، كما إن مصدر كليهما واحد، هو الزيت الخام (النفط).

## المكثفات اللدائنية

تتجد جزيئات المركبات الكربونية كالإيثين لتشكل سلاسل ضخمة، هي نموذجية في اللدائن، فالجزيء من البلسلة يُدعى مؤخوذاً، والسلسلة بأكملها تُدعى مكثوراً. واللدائن المختلفة تتألف من مؤخوذات مختلفة.





# النَّشْرُوجِين

النَّشْرُوجِين عُنْصُرٌ حَيَوِيٌّ أَساسِيٌّ كأحد المكوّنات الرئيسيّة لجِبَلَة (بروتوبلازم) الخلايا الحيّة في النبات والحيوان؛ وهو يشكّل حوالي ٨٠ بالمئة من الهواء الجوّي. والنشروجين غاز عديم اللون والطّعم والرائحة. ويمرّ النشروجين دومًا بمراحلٍ دوريّة تحفّظُه في الطبيعة حولنا - فيما يعرفُ بدّورة النشروجين. فالنباتات تأخذُه من التّربة، والحيوانات تحصل عليه من أكل النباتات أو الحيوانات الأخرى. وعندما تموت النباتات والحيوانات وتتحلّل، يَعود النشروجين ثانيةً إلى التّربة. وفي الطبيعة يتواجد النشروجين مركّبًا في خامات معدنية كثيرات الصوديوم. يتألّف جُزْيُءُ النشروجين في الهواء، كما الأكسجين، من ذرّتين، ورمزه ن. ويكوّن النشروجين مع الأكسجين عدّة أكاسيد، من ضمنها بعض مكوّنات الغازات المُنفلتة من عوادم السيّارات والمُلوّثة للبيئة.



تتألّف المجموعة ١٨ من: النشروجين (ن) والفسفور (فو) والزرنيخ (ز) والانتيمون (نت) والبيزموث (بيز)

## المتفجّرات النشروجينيّة

المتفجّرات موادٌ غير مُستقرّة تتحلّل أو تحترق بسرعة مُطلقةً حجمًا ضخمًا من الغازات وحرارةً شديدة، تمُدّهاا مُنتجةً موجة ضمديّة ضاغطة مُدمّرة. مُعظم المتفجّرات الكيماويّة كالنتروغليسرين وثالث نيتريت الثّلويين (ت ن ت) تحوي النشروجين. والنشروجليسرين سائل زيتيّ قاتل اللامستقراريّة يُمزجُ مع نوع من الصّلبات للحصول على الديناميت - الأكثر استقرارًا وأمانًا. وتُستخدم المتفجّرات في صناعة القنابل.



يمكنُ استخدام المتفجّرات بأساليبٍ فائقة الدقّة لهدم عيشٍ دون إلحاق الضرر بالمباني المجاورة.



تزيد المُحتشباتُ النشروجينيّة من وفرة الحاصل.

يُدرّج الإيثانول بالصنّف من هنا

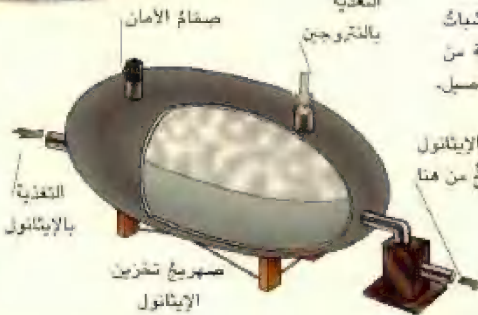
صنّف الأمان

التغذية بالنشروجين

## دورة النشروجين

### في الكوّن

مراحل تبادل النشروجين مستمرة دومًا بين الهواء والحيوانات والنباتات فيما يعرفُ بدّورة النشروجين في الطبيعة.



## النشروجين السائل

يُجمّد الطعام سريعًا باستخدام النشروجين السائل. فبعض الأطعمة كالقطائر بالخَبْز، مثلًا، توضع على سير الناقل في مُجَلّدٍ ثَقِيح. وأثناء تحرّكها تُبرّد أولًا بغاز النشروجين، ثم تُرَدُّ بالنشروجين السائل لتتجمّد.



## النشروجين اللافعال

النشروجين غير فعّال، لذا يُستخدم لِعزل الأكسجين الشديد الفاعلية، في حاويات شايّ. فالإيثانول (الكحول العادي) قد يشتعل في مُحاذاة الأكسجين. لذا يُستخدم النشروجين لاستبعادُه من صهاريج التخزين. كما نملأُ علَبُ المقلّوات القصية (القرشة) بالنشروجين، لاستبعاد الأكسجين الذي قد يتفاعل مع الدهنيّات فيها فتتّوَح وتفسد.

## النشروجين التّحديري

يُستخدمُ غاز أكسيد النيتروز الرّكي الرائحة كشخّطٍ ويدعى «الغاز المُضحك» لأنّه يُضحك بعض المرضى قبل غيابههم عن الوعي. ونَعُدّه. وفي القرن التاسع عشر كانت تُجرى غرُوسٌ لاختبار تأثيرات الغاز المُضحك في بيوتات خاضعة بلندق، للتّشلية فقط، ثمّ أدرك العلماء لاحقًا إمكانية الاستفادة من هذا الغاز كشخّط.



## لزيد من المعلومات أنظُر

- الترابط الكيماوي ص ٢٨
- الجَدْوَلُ الدَّورِيّ للعناصر ص ٣٢
- كيمياء الهواء ص ٧٤
- الأوميا ص ٩٠
- الكيمياء الزراعيّة ص ٩١
- المطر ص ٢٦٤
- قذورات في الغلاف الجوّي ص ٣٧٢
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢



# الفُسفور

بعض المشروبات المرطبة كالكولا ذات طعم حاد، وذلك عائد لاحتوائها قليلاً من حامض الفسفوريك - الذي هو أحد مركّبات الفُسفور. والفُسفور في شكله المألوف، جامد صارت إلى الصُّفرة، سَمْعِي القوام ذو شَفَافِيَّة طفيفة. والفُسفور الأصفر هذا يتوهَّج في الظلام، وتعرف هذه الخاصية بالفسفر. وهو لشدة فاعليته يحترق تلقائياً في الهواء، لذا يُحفظ تحت الماء. والفُسفور أساسي الأهمية للكائنات الحيّة - تستخرجه النباتات من التربة، وتحصلُ عليه الحيوانات من النباتات. والفُسفور لا يوجد في الطبيعة منفرداً بل متحداً في مركّبات الفُسفات المعدنية، كفسفات الكالسيوم، التي يُستخدمُ معظمها في المُخصّبات الزراعيّة.



تتألف المجموعة ١٥ من: التروجين (ن) والفسفور (فو) والزرنيخ (ز) والأنتيمون (نت) والبرموت (بن)



## تعدّين الفُسفور

أهمّ خامات الفُسفور هو الأباتيت (فسفات الكالسيوم الطبيعي) الذي يتواجد بأشكال عدّة، وغراراته الرئيسيّة المعروفة هي في المغرب وتونس بشمال أفريقيا. وتُستخدمُ كمّيّات ضخمة من الفُسفور الفُسفاتي في صناعة الأسمدة الكيماويّة، حيث يُعالج الصخر بحامض الكبريتيك لإنتاج السوبرفسفات المُخصّب الأشهل إقتصاداً للنباتات.



## الفُسفور والثور

يُحضّر الفُسفور الأحمر بإخماء الفُسفور الأصفر إلى درجات حرارة عالية، ثمّ يُدَلَّن صفائح. ويُستخدمُ الفُسفور الأحمر في إشارات الإشتغاة البحريّة لإحداث أنوار شديدة السطوع. كما أنّه يؤلف المادّة الفعّالة في عيّدان الثقاب. ثقاب الأمان تشتعل فقط إذا شُكَّت على سطح يحوي فُسفوراً أحمر، أمّا التي تُحكّ أينما كان، فتحوي مركّبات فُسفوريّة في رؤوسها.



## أشكال الفُسفور التآصلية

للفُسفور ثلاثة أشكال تآصلية رئيسيّة: الأصفر (الأبيض المصفّر) والأحمر والأسود. في الرسم إلى اليمين، قُصِبَان وقطعٌ من الفُسفور الأصفر تتحوّل بيّطه إلى الشكل الأحمر الأكثر اشتغاراً كما يُمكّنك مُشاهدة الثقب القائمة على القُصبان. الفُسفور الأسود، أكثر أشكال الفُسفور اشتغاراً، ويحضر بإخماء الشكل الأصفر تحت الضغط.



فسفات الكالسيوم تُؤلف جزءاً قوامياً من العظام والأسنان، لكنها تبدو في الطبيعة بلّورات ذات ألوان متنوّعة تدعى الأباتيت.



## الفُسفاتات

مساحيق (أو سوائل) الغسيل تحوي ثالث بوليفسفات الصوديوم الذي يُزيل غُسر الماء. وتعمل الفُسفاتات من مياه المجاري والأسمدة والمُنظّفات على تلويث الأنهار وتهديد حياة الكائنات فيها. إذ إنّ فرط المغذيات يؤدي تالياً إلى قُطط نماء البكتيريا الحيوانيّة التي تستهلك الأكسجين في الماء. هذا وتُستخدمُ الفُسفاتات الغُصْبِيّة لمكافحة الآفات كالحشرات والقوارض.



## اكتشاف الفُسفور

في القرن السابع عشر، استخلص الكيميائي الألماني، هينغ براند، الفُسفور بسخير ٥٠ دلّواً من البول، بالإغلاء وإخماء الفضالة مع الرُثْل. وأسمّاه الفُسفور (أي «حامل الضوء» باليونانيّة) لآته يتوهَّج في الظلام. واحتفظ براند بسِرّ إكتشافه هذا لكن روبرت بويل (١٦٢٧-١٦٩١)، الكيميائي الإيرلندي، أعاد اِكتشاف الفُسفور بعد ذلك بضع سنوات.

## الفُسفور أساسي للحياة

مادّة العظام والأسنان معظمها من فسفات الكالسيوم التي تُحسِّنُها صلابتها. وتتولّف المجموعات الفُسفاتيّة جزءاً من د ن أ (الحامض الثوري الرئيسي المُتولّد الأكسجين) المُتواجد في نوى الخلايا والمتحكّم بعملاتها. ويوفّر المركّب الفسفاتي: ثالث فسفات الأدينوسين - (أ ت ب) الطاقة في الجسم بأنحلاله إلى ثاني فسفات الأدينوسين - (أ د ب) مُطلقاً طاقته المخزّنة لإنجاز نشاط حركي كالتقباض العضلي، أو فسبولوجي كتخليق البروتين العضلي.



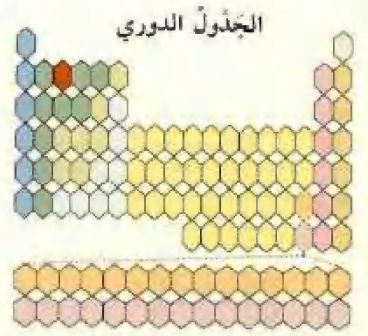
## لمزيد من المعلومات انظر

- الجذول الدوري للعناصر ص ٣٢
- فلزّات الأرض القلويّة ص ٣٥
- التروجين ص ٤٢
- كيمياء الجسم البشري ص ٧٦
- الكيمياء الزراعيّة ص ٩١
- الصابون والمُنظّفات ص ٩٥
- الخلايا ص ٣٣٨
- حقائق ومعلومات ص ٢٠٢



# الأكسجين

الأكسجين أكثر العناصر وفرة في الطبيعة، وهو غاز عديم اللون والطعم والرائحة؛ ويدونه لا بقاء للكائنات الحية على الأرض. فنحن نستنشق دوماً مع الهواء، الذي يؤلف الأكسجين خمس مزيجه، كما إنه موجود في العديد من الأشياء. ففي البحار، يتواجد الأكسجين مذاباً في الماء، كما يشكل جزءاً رئيسياً من تركيبه. وفي الصخر يؤلف الأكسجين جزءاً رئيسياً من معظم معادنه. يتألف الأكسجين العادي من جزيئات ثنائية الذرات (فرمزه  $O_2$ ). أما معظم الأكسجين في أعالي الجو، فشكل آخر منه يتألف جزيته من ثلاث ذرات ويُعرف بالأوزون ( $O_3$ )، وهو يشكل طبقة واقية حول الأرض تحجب الأشعة الفضائية المؤذية. والأكسجين شديد الفاعلية الكيماوية؛ فما الاحتراق والتأكسد والصدأ والتفتت إلا بعض التفاعلات الكيماوية التي تحدث باتحاد مواد معينة مع أكسجين الهواء.



## القطع بالأكسجين

يُستخدم الأكسجين والأسيتلين في قطع الفولاذ فاشتعال غاز الأسيتلين في الأكسجين النقي ينتج درجة حرارة تزيد على  $3000^\circ C$ ، تفسد الفولاذ تحت لهب الحمالج وتقطع بسهولة. ويستخدم هذا الجسلاج أيضاً في لحام الفولاذ - إذ ينصهر الطرفان المراد لحاقهما في لهب شعلته، ثم يتركان ليبرد.

تفاعل الوقود مع الأكسجين لا يتم بدون الحرارة.

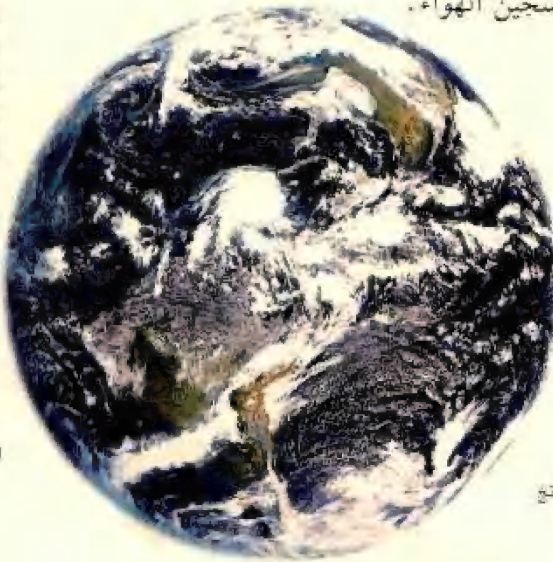
يتحد الأكسجين مع كبريت الوقود ليشكل ثاني أكسيد الكبريت.



## الاحتراق

يُبين المثال التارة هذا عوامل إيقادها، وهي الحرارة والأكسجين والوقود. فإذا فقد أحدها لا يمكن إيقاد النار أو إنها تطفئ بسرعة. لذا تُعطى نار المصباح بالزئبق أو الخشب لإطفائها، لأن الزئبق أو الخشب يحجب عنها الأكسجين.

يجب أن يحوي الوقود مادة يمكنها الاتحاد مع أكسجين الهواء.



## الصخور الحمراء

يعتقد العلماء أن هواء الجو لم يجر عنصر الأكسجين منذ نشأة الأرض، ويربطون بدايات وصوله بالتفاعل مع الحديد في الصخور - متحولاً لونها إلى الأحمر. ويتلغ عمر هذه الصخور حوالي ٢٠٠٠ مليون سنة.

## الطبيعة الحية

في عملية التنفس تأخذ الحيوانات الأكسجين من هواء الجو (٢١٪ منه أكسجين)؛ لكن ذلك لا يُفقد لسببه في الهواء لأن النباتات تعيد الأكسجين إلى الهواء ثانية في عملية التخليق الضوئي. أما الأحياء المائية، كالأسماك، فتتنفس الأكسجين المذاب في الماء.



جوزيف بريستي

كارل شيل

## أكسجين الطوارئ

يُغلق التنفس، الذين يعانون مشاكل تنفسية، كميات إضافية من الأكسجين لتخفيف العبء على الرئتين بزيادة التنفس. وهذا يساعدهم في التماثل للشفاء بسرعة أكثر.

لزيد من المعلومات انظر
الترابط الكيماوي ص ٢٨
الجدول الدوري للعناصر ص ٣٢
الأكسدة والاختزال ص ٦٤
كيمياء الهواء ص ٧٤
التنفس الخلوي ص ٣٤٦
دورات في الغلاف الجوي ص ٣٧٢
حقائق ومعلومات ص ٤٠٢

## اكتشاف الأكسجين

عام ١٧٧٤، أعلن الكيميائي الإنكليزي، جوزيف بريستي (١٧٣٣-١٨٠٤)، عن اكتشافه الهواء المنزوع اللاهوب؛ وكان كارل شيل (١٧٤٢-١٧٨٦)، السويدي، قد سبقه إلى مثل ذلك سنة أو سنتين. فقد برهن شيل أن الهواء ليس عنصراً مفرداً لكن لا أحد منهما أدرك حقيقة ما اكتشفه. وكان لانتون لانوازيه (١٧٤٣-١٧٩٤)، الكيميائي الفرنسي، فضل بيان طبيعة هذا الغاز وتسميته الأكسجين، عام ١٧٧٥.

## الصدأ

إذا ترك الحديد والفولاذ مُعرّضين للهواء والرطوبة، سرعان ما تكوّنهما قرارة بُنية - بُرتقالية اللون، هي الصدأ. والصدأ هو أكسيد حديدي ينتج عن تفاعل كيميائي بين الحديد والأكسجين والرطوبة.



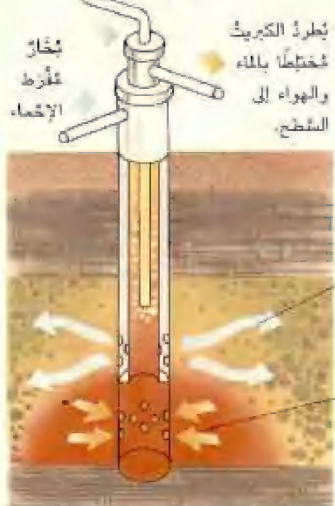
# الكبريت



## كبريت البروتين

يحتوي مخ البيض كبريتاً يتبين كجدار رمادي عند أطراف المخ إذا ما سلقت البيضه لفترة طويلة. والكبريت من العناصر الضرورية للحياة كجزء حيوي في البروتينات التي تبني الجسم. وعندما تتحلل هذه البروتينات يتحرر كبريتيد الهيدروجين، وهو غاز سام له رائحة البيض الفاسد.

يُضخُّ الهواء المضغوط في الأنبوب الأوسط، فيمتزج بالكبريت المنصهر ويخففه.

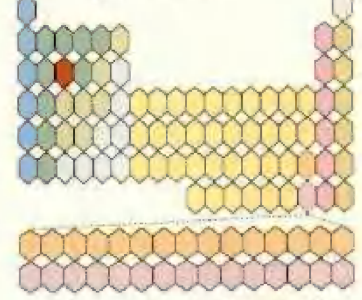


## استخراج الكبريت

يُستخرج الكبريت من مناجمه بطريقة قُرْاش. وفيها تفرغ ثلاثة أنابيب مُتراصة في القُرارات الكبريتية. يُضخُّ بخار مُقرط الإخفاء في الأنبوب الخارجي لظهر الكبريت، ثم يُدفع الهواء المضغوط في الأنبوب الأوسط، فيطرُد مزيج الكبريت المُزبد إلى السطح.

الكبريت عُنصرٌ لافلزِيٌّ أَصفر اللون زاهٍ يتواجد في الطبيعة على شكل كبريتيدات (كالغالينا - كبريتيد الرصاص والبايرايت - كبريتيد الحديد) أو كبريتات (كالجبس - كبريتات الكالسيوم المائية). وهو من العناصر الأكثر فاعليّة، واستعمالاته ومشتقاته في مجالات الصناعة بالغة الأهميّة - من صناعة الدهان والمنظّفات إلى فلكنة المطاط وصنع البارود - حتّى لقياس مدى النشاط الصناعي في بلد ما بمقدار ما يستهلكه من الكبريت أو من حامض الكبريتيك، أحد مشتقاته. ويُعتبر أكسيد الكبريت، وبخاصّة، الذي تُطلّقه محطات توليد القدرة الأحفوريّة الوُفد ذات المحتوى الكبريتي، من ملوثات الجوّ ومُسيّبات المطر الحامضي.

## الجدول الدوري



تتألف المجموعة ١٦ من: الأكسجين (أ) والكبريت (كب) والسيلينيوم (سل) والتلوريوم (تل) والبولونيوم (بن)

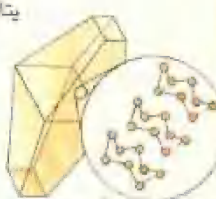
بلورات الكبريت صفراء.



## بلورات الكبريت

توجد بلورات الكبريت الدقيقة بين الصخور في المناطق البركانية في العالم، وهي من الشكل الشعاعي. والشقوق البركانية هي مصدر رئيسي للكبريت في بعض البلدان مثل صقلية وجاوا والولايات المتحدة الأمريكية. ويتجمّع هذا الكبريت من الغازات المُنبهة من جوف الأرض.

يتألف جزيء الكبريت المُعَيّن من ثماني ذرات، وتتطابق جزيئات هذا الشكل صفاً بالتحكم.



يتحوّل البخار بالضغط إلى ماء حار جداً (فوق ١٢٠° س) يُظهر الكبريت



الكبريت المنصهر يتجمّع قبل أن يُمزج بالهواء.

يتألف جزيء الكبريت الأحادي المُثل من ثماني ذرات - المُسحّات بينها أوسع مما هي عليه في الشكل المُعَيّن. وهذا الشكل شائع فقط فوق ٩٦° س.

## أشكال الكبريت التآصلية

هناك شكلان تآصليان رئيسيان للكبريت: المُعَيّن، والأحادي القليل - أولهما فقط مُستقر على درجات الحرارة العادية. وفي كلا الشكلين تترتب ذرات الكبريت في حلقات ثمانية.

## الكبريت على سطح آيو

آيو، أكبر أقمار المشتري، هو أحد أكثر الأقمار نشاطاً في المنظومة الشمسية. ويعود لونه الأصفر البرتقالي الزاهي إلى قبض الكبريت من براكينه النشطة - التي تم اكتشافها بواسطة الشواير الفضائية حديثاً.



## البكتيريا الكبريتية

تستمد بعض البكتيريا الطاقة من الكبريت بدلاً من الأكسجين، لذا فهي لا تستطيع العيش إلا على مُركّبات الكبريت السامة. وفي الولايات المتحدة يجري استخدام هذه البكتيريا لاستخلاص النحاس، وبعض الفلزّات الانشائية الأخرى من مُركّباتها الكبريتية.

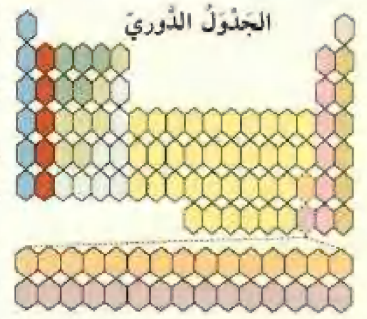
## لمزيد من المعلومات انظر

- البلورات ص ٣٠
- الجدول الدوري للعناصر ص ٣٢
- كيمياء الهواء ص ٧٤
- حامض الكبريتيك ص ٨٩
- مُنتجات الغاز ص ٩٧
- التلوث الصناعي ص ١١٢
- المطر ص ٢٦٤
- حقائق وتعليمات ص ٤٠٢



# الهالوجينات

يُستخدَم الكلور، أشهر عناصر المجموعة ١٧ (الهالوجينات) في أحواض السباحة لتعقيم الماء، كما يُشكّلُ جزءًا رئيسيًا من كلوريد الصوديوم (ملح الطعام). وتُضاف الفلوريدات (مركبات الفلور) إلى معاجين الأسنان ومياه الشرب لمكافحة تآكل الأسنان. وتُستخدَم مركبات الكلور والفلور الكربونية لمكافحة الآفات (كالحشرات والفطور والطحالب المؤذية) وفي أجهزة التبريد. لكنّ البحث جارٍ عن بدائل لها بعد أن اكتُشف أنها تُضرُّ بالبيئة. والمعروف أنّ جميع هاليدات الفضة حساسة للضوء، لذا تُستخدَم في الأفلام والورق الفوتوغرافي؛ وبروميد الفضة هو أكثرها استعمالًا في هذا المجال. الهالوجينات جميعها شديدة الفاعلية، وكلُّها تحوي ذراتها سبعة إلكترونات في الغلاف الخارجي.



تتألف المجموعة ١٧ من: الفلور (فل) والكلور (كل) والبروم (بر) واليود (ي) والأتانتين (ست) المشع



الفلوريت  
المتفلور

يوجد الفلور في

الطبيعة في معادن كالفلوريت (فلوريد الكالسيوم) ذي البلورات التكعيبة المتنوعة الألوان تبعًا لشوائبها المختلفة. والكثير من هذه البلورات يتفلور (يتألق أضواء) في الأشعة فوق البنفسجية.

## الكلور

الكلور غازٌ أحمرٌ مخضر، خائض الرائحة سام. وكسائر الهالوجينات، يتحد الكلور بسهولة مع الهيدروجين والماء لإنتاج حامض قوي جدًا هو حامض الهيدروكلوريك.



## البروم

البروم سائلٌ أحمرٌ مُشمّ، يُطلق بخارًا، بلونه، خافقًا سامًا. وهو أحد العناصر السائلين في الجدول الدوري؛ تُستخدَم مركبات البروم في التصوير الفوتوغرافي، وكمنظفات لطيفة.



## اليود

اليود جامدٌ أرجواني مُسود اللون براق، يتصدد بالتسخين مُطلقًا بخارًا أرجوايًا. تُستخدَم مركبات اليود (اليوديدات) في تحضير أصباغ مُعيّنة، وكمواد حافظة في الصناعة. هذا ويختبر وجود النشا باللون الأزرق المُسود الناتج من إضافة اليود رطبًا إليه.



## اليود في الأعشاب البحرية

يوجد اليود بمقادير ضئيلة في مياه البحر وفي الأعشاب والطحالب البحرية. واليود عنصر مهم في نشاط الغدة الدرقية التي تُنظّم مستويات الطاقة والنمو في صغار الكائنات. ويؤدي اختلال الجسم لمركبات اليود (اليوديدات) إلى تضخم الغدة الدرقية يُرافقه تورّم في مقدم الرقبة وجانبيها.

بعد توضّح التأثير المؤذي لمركبات الكلور والفلور الكربونية، يجري العمل على إيجاد غازاتٍ دسّية بديلة في برّادات التبريد المختلفة.



## كلورة الماء

يمكن تحضير الكلور من محلول الملح المركز بالتحليل الكهربائي. والكلور مادةٌ تقصير قوية تُبيض الألوان؛ كما إنّهُ مُطهرٌ ومُعقّم فعّال يُستخدَم لمعالجة الماء في أحواض السباحة ومحطات تنقية المياه.



## اللّدائن الرّقيقة

تُقلّي بواطن القدور والتقال (ج. بقلانة) طبقة من التفلون (وهو مُستخرج لدائني من رابع فلور الأيثين المتعدد) الشديد الرّقابة لمنع التصاق ما يُطبخ أو يُقلى فيها. وهذا المركّب عديم الفاعلية جدًا ولا يتأثر بالحرارة - مما يجعله مثاليًا لهذا الغرض.

التفلون صامد فعال لجميع الكيماويات الأخرى - حتّى البيضة لا يُلصق منها شيء بمقلّة التفلون.



## ثقب الأوزون

مركبات الكلور والفلور الكربونية المُستخدمة في الهواء من أجهزة التبريد والبرّدات الضوئية المختلفة تصاعدت إلى أعالي الجوّ، فتفاعل مع الأوزون وتُفكّكه، مُحدثةً ثُغرات في طبقة الأوزون الواقية. وهذا يُفسح المجال لتسرّب كمّيات مؤذية من أشعة الشمس فوق البنفسجية إلى الأرض.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الترابط الكيميائي ص ٢٨
- الجدول الدوري للعناصر ص ٣٢
- الأكسجين ص ٤٤
- صناعة الفلورينات ص ٩٤
- التلوث الصناعي ص ١١٢
- التصوير الفوتوغرافي ص ٢٠٦
- دورات في الغلاف الجوّي ص ٣٧٢
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢



# الهيدروجين

الهيدروجين غاز عديم اللون والطعم والرائحة. ورغم أنه أخف العناصر فهو أكثرها توافراً في الكون (أدّى يؤلف حوالي ٧٥٪ من مادته). استخدامات الهيدروجين متعددة - مثلاً في هدرجة الزيوت النباتية وتحويلها إلى سُمون كالمُرغرين، وفي تَزَع الكبريت من مُنتجات النفط وزيادة كميّة البنزين المُستخلصة منه. لكن الاستخدام الأكثر للهيدروجين هو في صُنْع الأمونيا - المهمة في إنتاج الأسمدة وكيماويات أخرى. كيميائياً، قد يتفاعل الهيدروجين مع الفلزّات أو مع اللافلزّات (مُكوّنًا أحياناً أيونات الهيدروجين). وتُعزى حامضية الحوامض كُلّها إلى أيونات الهيدروجين في تراكيبها.



## الهيدروجين في الكون

لا يقتصر وجود الهيدروجين كونيّاً على النجوم ومنظوماتها فقط بل في مادة السُّدم التي تتواجد في الفضاء فيما بينها أيضاً.

## الهيدروجين في الشمس

يحرّم العلماء أن مصدر طاقة الشمس التي نلتم بثورها ودفئها هو الطاقة المتولّدة من تداخ ذرات الهيدروجين، بفعل الضغط ودرجة الحرارة الهائلين في باطنها، مُكوّنة الهليوم مع تحوّل بعض المادة إلى طاقة. ومثل هذا الاندماج النووي يحصل في القنبلة الهيدروجينية المُدفّعة.

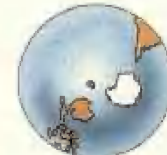


## البنية الأبسط

أبسط الذرات بنية هي ذرّة الهيدروجين التي تتألف من بروتون واحد، يُشكّل النواة، والإلكترون واحد.



سديم الشيطان



## الهيدروجين في الأرض

في الأرض كميات كبيرة من الهيدروجين، الذي يؤلف حوالي ١١٪ من مادة الماء (هـ أ) فيها. وهو، مع الكربون، أوسع العناصر تواجداً في الكائنات الحيّة والمؤدّ الأحفوريّة، كالطعم والنفط.

## هنري كافنديش

اكتشف العالم الإنكليزي، هنري كافنديش (١٧٣١-١٨١٠)، غازاً دعاه الهواء اللهب، وأجرى عدّة تجارب لتحديد خواصّه، وبيّن بأنّه يُكوّن ماءً إذا ما اخترب في الهواء -

فكان ذلك بُرهاناً أنّ الماء ليس عنصراً مُستقلاً، كما كان يُظنّ. وأطلق لاڤوازيه لاحقاً (عام ١٧٨١) اسم الهيدروجين (أي مُكوّن الماء) على هذا الغاز.



## الهيدروجين وقود المستقبل

لقد تمّ صُنْع سيارات تجريبيّة تُسير بالهيدروجين. أمّا مصدر الوقود فيها فهو مرَكَّب هيدروجيني يُطلق الهيدروجين عند إحماته. وبيّنة هذه السيارات أنّها لا تُلوّث البيئة - فاحتراق الهيدروجين يُنتج ماءً.



## المناطق والسفن الهوائية

المفروض أنّ الهيدروجين، بسبب خِفّة الفاتقة، يتأليّ لتعبئة البالونات والمناطيد - وقد استُخدم فعلاً لذلك وما زال. لكنّ استخدامهُ في السفن الهوائية توقّف، بسبب لهويّته، بعد كوارث الضجّر التي أودت بحياة الكثيرين - كما في كارثة المُنطاد هينلبيرج عام ١٩٣٧.



سيّارة وقودها الهيدروجين

## لزيد من المعلومات انظر

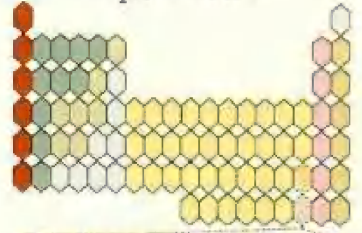
- اليّة الذريّة ص ٢٤
- الجدول الدوري للعناصر ص ٣٢
- الأكسدة والاختزال ص ٦٤
- قياس الحمضيّة ص ٧٢
- الأمونيا ص ٩٠
- مصادر الطاقة ص ١٣٤
- الطاقة النوويّة ص ١٣٦
- الشمس ص ٢٨٤
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢



# الغازات النبيلة

تُعبأ بالبولونات التي تُطلق في الجو بهجّة غاز الهليوم، وهو أحد الغازات الستة في المجموعة ١٨ من الجدول الدوري. وتُعرف هذه العناصر بالغازات النبيلة، وتُشكل قرابة واحد في المئة من الهواء. والتّيون غاز نبيل آخر مألوف جدًا في أنوار النيون الزاهية الألوان. أمّا الرادون المُشعّ فينتج من انجلال الراديوم، ويؤلف قدرًا كبيرًا من إشعاعات الخلفيّة التي تُصادف في مناطق الصّخور الغرائبيّة. وتُعرف الغازات النبيلة أيضًا باسم الغازات النادرة أو الخاملة؛ فالكيميائيون لم يتمكنوا إلا من صنع بضعة مركّبات فقط منها. فهذه الغازات نادرة التفاعل مع أي شيء، وهي مُستقرّة جدًا لأنّ الغلاف الخارجيّ ليكُل منها كاملُ التعبئة بالإلكترونات.

## الجدول الدوري



تتألف المجموعة ١٨ من: الهليوم (هي) والتّيون (نن) والارجون (غو) والكربون (كن) والزنون (زن) والرادون (ر) المُشعّ



## الهليوم

الهليوم أخفّ العناصر بعد الهيدروجين، وكلاهما أخفّ كثيرًا من الهواء. يُستخدم الهليوم، بدلًا من الهيدروجين، في تعبئة المصابيح والسفن الهوائية الحديثة لأنّه مأمون أكثر، فهو لا يحترق. يحوي هواء الجو مقدارًا ضئيلاً جدًا من الهليوم، لكنّ بعض مكامن الغاز الطبيعي تحوي كمّيّات كبيرة منه، وهي المصدر التجاريّ الرئيسي لهذا الغاز.

الكثرون



## الغلافات الكامِلة

تحوي قَرّة التّيون ثمانية إلكترونات في غلافها الخارجيّ، وبها يكون هذا الغلاف مكتملاً - فلا حاجة للذرة أن تفقد إلكترونات أو أن تكتسبها، فتتربط مع ذرات أخرى. كذلك فإنّ الغلاف الخارجيّ لجميع الغازات النبيلة مكتملٌ، وهذا يفسّر خمولها واستقرارها.

## أضواء التّيون

تولّد ألوان قوس قزح التّيونيّ هذه بإمرار الكهرباء خلال الأنابيب المُعبأة بغاز نبيل ومواد أخرى على ضغط خفيف. ويُنشج كلّ غاز نبيل لونًا مُختلفًا، كما تُضاف مواد أخرى لإنتاج ألوان أكثر. فالهليوم ينتج ضوءًا أبيضًا، والتّيون ضوءًا أحمر برتقاليًا متألّفًا، ويسطع الأرجون بضوءًا أزرق، والكربون بضوءًا مُنمّجًا.



## مُنتج نوويّ ثانوي

تتكوّن بالانشطار اليورانيوم النوويّ عدّة نظائر مُنبّعة للكربون، منها غاز الكربون - ١٤. وهذا يُنتج من محطات القدرة النوويّة. وقد تمكّنت الولايات المتحدة، خلال الحرب الباردة، من متابعة النشاط النوويّ السوفياتيّ عن طريق قياس كمّيّة الكربون - ١٤ في الهواء.

## وليم رامزي

في عام ١٨٩٤،

اكتشف اللورد رايلي

(١٨٤٢-١٩١٩)

والكيميائي وليم رامزي

غاز

الارجون. وكان قد تمّ

مطيافيًا اكتشاف وجود

الهليوم في الشّمس؛ ثمّ

اكتشف رامزي وجوده على الأرض عام

١٨٩٥. وأتبع ذلك باكتشافه للكربون

والنيون والزرّون عام ١٨٩٨ - بعد أن

تمكّن من تحضيرها بتقطير الهواء السائل -

فنال بذلك جائزة نوبل للكيمياء عام ١٩٠٤.

وفي عام ١٩١٠، تمّ له اكتشاف الرّادون.



## أنوار الغازات

يُستخدم الأرجون والزرّون في المصابيح الكهربائيّة. فتُضخّ المصابيح المُعبأة بالزرّون بنور أبيض مائل إلى الزرّة؛ وفي القنارات تُستخدم غاز المصابيح القوسيّة المُعبأة بالزرّون، فيسطع نور القوس الكهربائي وكأنّه شرارة مُستمرة. هذا ونُعمًا المصابيح الكهربائيّة العاديّة بمزيج من الأرجون والتروجين، لأنّ هذا المزيج الخامل يحفظ قنبلة التّجسّس، المُنبّضة بشدّة الحرارة، مدّة أطول.

خطة نووفاؤنشكايا للقدرة النوويّة في روسيا

## لمزيد من المعلومات انظر

- البيّة الذرّيّة ص ٢٤
- النشاط الإشعاعيّ ص ٢٦
- الجدول الدوريّ للعناصر ص ٣٣
- كيمياء الهواء ص ٧٤
- الطاقة النوويّة ص ١٣٦
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢



# التفاعلات

يُستخدَم بِخُشُوعِ النباتات ضوء الشمس لِتُحوِّل ثاني أكسيد الكربون والماء إلى كربوهيدرات وأكسجين.

تتكسَد الفضائِك وتَسوَد تدريجيًا لأن كبريتيد الهيدروجين في الهواء يتفاعل مع الفضة مُكوِّنًا طبقة رقيقة من كبريتيد الفضة.

عند غسل المسحون، يُفكَّت المُنظِف الصابوني الأرساخ والدهون ويُزيلها بخفض التوتر السطحي للماء.



بُوظة (جِيلَاتِي) شائعة

كُفَّة جَامِزة

ملايين التفاعلات الكيماوية تحصل من حولنا على الدوام في كل دقيقة، بعضها تفاعلات طبيعية وبعضها الآخر نتيجة لأنشطة الإنسان. ففي داخل أجسامنا يُمثَّل الطَّعام الذي نَناولُه في سلسلة من التفاعلات المُعقَّدة لِتُزوَّدنا بالطاقة. وتنهمك النباتات في تحويل ثاني أكسيد الكربون والماء، إلى كَرْبوهيدرات وأكسجين - في عملية التخليق الضوئي مُستخدمة طاقة الشمس. وفي أجواء الأرض العليا تجري بلا هوادة تفاعلات تُرشِّح أشعة الشمس كيماويًا من الأشعة فوق البنفسجية المؤذية التي قد تُهدِّد الحياة على الأرض. وفي المختبرات، يُستخدَم العلماء التفاعلات الكيماوية بأشكال شتى في عمليات لا حصر لها لِتَصْنيع الأدوية الجديدة، أو لحفظ الأغذية من الفساد، أو لتحويل النُفط الخام إلى بترين، أو لتوفير المواد العديدة اللازمة لإعداد ملابسنا وتجهيز منازلنا.

الكُفَّة المخبوزة لا تُشبه عُقْمَاتِها من العجين والبيض والزبدة والمُسكر. فهذه قد تغيَّرت بالتفاعلات الكيماوية.

## التغير الكيماوي

خَبِزَ الكعكة مُثلَّ جَيِّد على التغير الكيماوي.

فلذا في الكعكة وخواصها تغيَّرت بَعْدَ خَبْزِها تغيُّرًا جذريًا عن مذاق وخواص مُقَوِّماتها - فهي الآن مُختلفة كيماويًا. إنَّ مُعظم التغيَّرات الكيماوية تغيَّرات دائمة - فلا يُمْكِنُكَ إِعادة الكعكة المخبوزة إلى طحين وزبدة وبيض وُسُكَّر. لكن هناك بضع تغيَّرات كيماوية عَكْوسَة.



فرانسيس بيكون

كان فرانسيس بيكون (1561-1626) محاميًا ومُخْبِرًا وشخصية سياسية إنكليزية مُرموقة. ونذكر هنا مقولته الشهيرة في كتابه «الأسلوب الجديد» الذي صدر عام 1620: «إنَّ النظريات حُزِلَ خواص المادة ذات جدوى فقط إذا أُلْدِثَتْها التجارب».

## روبرت بويل

الكيماوي الإيرلندي، روبرت بويل، (1627-1691) أحد أوَّل الكيماويين الحديثين شَدَّدَ في كتابه المشهور «الكيماوي المُشْكِك»، الصادر عام 1661 على أهمية التجارب بقوله: «إنَّ جميع الآراء يجب أن تخضع للاختبار والتجربة للتخفُّق من صوابتها»، وهو خلال تجاربه الدقيقة على الغازات، اكتشف قاعدة مهمة حوَّلَ مسلكها تُعرَفُ بقانون بويل.



## المختبرات الحديثة

تُحوي المُختبرات العلمية أضافًا شتى من التجهيزات يُستخدَمها العلماء في تجاربهم المختلفة. فبعض العلماء، مثلاً، يدرسون التفاعلات المتعلقة بتكوُّن المطر الحامضي علَّهم يجدون سبيلًا لمنعها وقد يُجري علماء آخرون تفاعلات كيماوية لِتَصْنيع موادَّ جديدة أو لاكتشاف علاج شافي من مُرضي مُعَيَّن.



تجهيزات علمية من القرن الثامن عشر





# النَّظَرِيَّةُ الْحَرَكيَّةُ

أَمْكُ تَطْهُو في المَطْبَخ، وَأَنْتِ في عُرْفَتِكَ تَشُمُّ رَائِحَةَ الطَّعَامِ - هل تساءلت لماذا؟ النظرية الحركية تُقدِّم لك الجواب. إنَّ الجزيئات الغازية الدقيقة المُنتَظِقة من الطعام الساخن والمُدوِّمة في الهواء سُرْعَان ما يَصِلُ بعضها إلى أنْفِكَ. فالذَّرَاتُ والجُزَيئاتُ التي تُولِّفُ كُلَّ شَيْءٍ حولنا هي في حركة دائمة، حَسَبَ النظرية الحركية؛ وتزداد سرعتها بارتفاع درجة الحرارة فتشغُل حيزًا أكبر. لكنَّ جُسيمات المواد لا تتحرَّك بالموالِ نفسه -

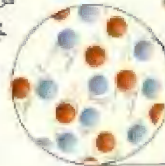
فجُسيمات الجوامد، المُتقاربة التراصُّ والشديدة التماسك، تقتصر حركتها على التذبذب (أو الاهتزاز) في مواضعها؛ وتتحرَّك جُسيمات السوائل بحرية أكثر فتنسبُ مِوِعةً، لكنَّها تظلُّ مُتقاربة مُتماسكة. أمَّا جُسيمات الغاز المُتباعِدة والضعيفة التماسك فسرعة الحركة لا محدودة الانتشار.



جُزَيئاتُ الهواء داخل  
المنشاد المُعَدَّةُ بالهواء المُخَضَّ شتباةً  
لأنها تتحرَّك بسرعة كبيرة، أي إنَّ  
الهواء داخل المنشاد أخفُّ من الهواء  
خارجه - لذا يرتفع المنشاد في الجوّ.

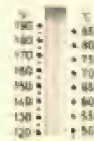
الحرارة المرتفعة تُسرِّع  
تذبذب جُسيمات الجوامد  
فأشغَل حيزًا أكبر. وهذا يُعزِّلُ  
تمدُّد بُزْج البفيل في باريس  
بمقدار ٧,٥ سم صيفًا.

فزيج متعادل من  
جُسيمات البروم  
والهواء.



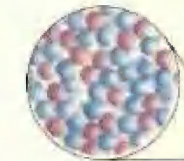
## التمدُّد

إذا سُخِّن جِسْمٌ، كهذا الترمومتر مثلاً، فإنَّ سرعة جُسيماته (أو مدى اهتزازها) يتزايد. لِتَشغُل حيزًا إضافيًا، فنقول إنه تتمدَّد. لذا يحرص مهندسو السكك الحديدية على ترك فجوات بين القضبان الخشبية لتمدُّدها في الطقس الحارّ. تتمدُّد السوائل عشرة أضعاف لتمدُّد الجوامد، أمَّا الغازات فتتمدُّدها حوالي ١٠٠ مرّة أكثر من السوائل.



الانتشار  
تنتشر الغازات لئلا أي حيز مُتاح، لأنَّ جُسيماتها تتحرَّك بسرعة كبيرة. وخاصية الانتشار هذه هي سبب انتقال الروائح بسرعة. فعندما يُخبِزُ الكعك في الفرن، مثلاً، تنتشر رائحته سريعًا في سائر أرجاء المنزل.

فزيج من جُسيمات الماء  
وبزغفغات البوتاسيوم



## الانتشار في الماء

إذا ألقيت قليلًا من بلورات  
البوتاسيوم في الماء فسرعان ما ينتشر  
لونُها الأرجواني فيه لأنَّ جُزَيئات  
الماء ترطمُ جُسيمات البوتاسيوم  
وتدفعها باستمرار. كذلك، إذا  
نُفِثت أوراق الشاي في الغلاية،  
فستكسب الماء لُغْلَه نكهتها  
ولونها في فترة قصيرة.



جُسيم  
جُزَيئات



تنتشر جُزَيئات الماء غير  
المسام دون الأوساخ.



## انتشار البروم

ينتشر البروم في المرحبان  
ليلاً كامل الخيز المُتاح. وإذا قُلبَ مِرحبان ثانٍ فوق  
الأول، فالغازُ سُرْعَان ما ينتشر ليملأه أيضًا.

## الحركة البراونية

بينما كان عالم النبات الإسكتلندي، روبرت  
براون، يتفحص عينة من خبيات غبار الطلع عام  
١٨٢٧ أدهشه رؤية بعضها تتفكر عشوائيًا على  
سطح الماء. وقد علَّل العلامة ألبرت أينشتين هذه  
الظاهرة بعد ثمانين عامًا، مُستخدِمًا النظرية  
الحركية، بأنَّ حركة جُزَيئات الماء الدقيقة غير  
المرئية هي التي تقذف خبيات غبار الطلع  
باستمرار فتُسببُ تفكرها. وتُعرف هذه الحركة الآن  
بالحركة البراونية.

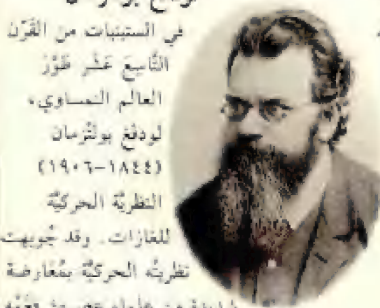
شظُر متكر  
لجُسيمات  
غبار الطلع  
من البسب  
العلوة في الماء



## لودفغ بولتزمان

في الستينيات من القرن  
الثاني عشر طوَّر  
العالم النمساوي،  
لودفغ بولتزمان  
(١٨٤٤-١٩٠٦)  
النظرية الحركية

للغازات. وقد جُويبت  
نظريته الحركية بشعارة  
شديدة من علماء عصره؛ حتَّى  
ذلك كثيرًا وأدَّى به إلى الإيحاء.



## لمزيد من المعلومات انظر

- حالات المادة ص ١٨
- مُلوِّك الغازات ص ٥١
- سرعة التفاعلات ص ٥٥
- الحرارة ص ١٤٠
- نظام الثقل في النبات ص ٣٤١
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٤



# سلوك الغازات

تجول جسيمات الغاز بحرية وبسرعة كبيرة؛ لذا تحدث التغيرات في درجة حرارة الغاز أو حجمه أو ضغطه ظواهر مثيرة. فمن الخطر مثلاً، ترك مِرْذاذ في موضع حار، لأنه بارتفاع درجة الحرارة، تتزايد سرعة جسيمات الغاز في داخله فيتزايد ارتطامها وتدفعها على جوانب المِرْذاذ مما قد يتسبب في انفجاره - إذ يؤدي تسخين علبة الرُّذ إلى ارتفاع ضغط الغاز بداخلها. مثل هذه الظواهر لاحظها ودرسها العلماء في القرنين السابع عشر والثامن عشر، واستنبطوا بعض القوانين التي ما زالت تستخدم للتنبؤ بسلوك الغازات.



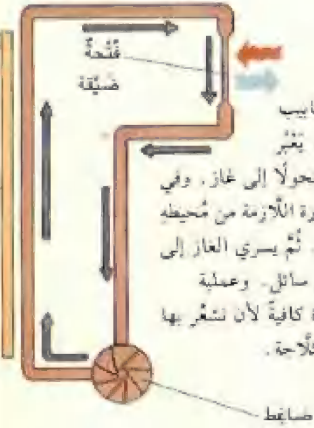
## قانون بويل

فدافع الغاز التي ينفخها القواص تنكمش تدريجياً كلما ارتفعت نحو السطح. فهي صغيرة الحجم تحت ضغط السائل الأكثر في العمق، وكلما ارتفعت نحو السطح يقل السائل الضاغط عليها، فيزداد حجمها. وهذا في الواقع، مثل عملي على قانون الكيمياء الإيرلندي، روبرت بويل، عام ١٦٦٢. ينص قانون بويل على أن «حجم الغاز يتناسب عكسياً مع الضغط الواقع عليه - في ثبوت درجة الحرارة» أي أنه بزيادة الضغط يقل الحجم.

يفعل قانون بويل سبب تزايد حجم الفقاعات المتلفة من القواص كلما اقتربت من سطح الماء.

## جهاز التبريد

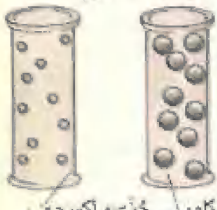
يدور سائل التبريد في أنابيب التلاجة باستمرار وعندما يغمر قندة ضيقة يتمدد بسرعة متحولاً إلى غاز، وفي تحوله إلى غاز، يمتص الحرارة اللازمة من محيطه (أي من داخل التلاجة) فيبرده. ثم يسري الغاز إلى الضاغط الذي يحوله ثانية إلى سائل - وعملية السيل بالضغط هذه تطلق حرارة كافية لأن نشعر بها في غلاف التلاجة.



## قانون أفوجادرو

إذا ملأنا وعاء بالكلور وآخر بمائلا له تماماً بالأكسجين، فإن كلا الوعائين بحري العدة نفسه من الجزيئات. وهذا صحيح رغم أن وزن جزيء الكلور ضعف وزن جزيء الأكسجين. هذه القاعدة اكتشفها أماديو أفوجادرو، الفيزيائي الإيطالي، عام ١٨١١.

وينص قانون أفوجادرو على أن «الحجوم المتساوية من الغازات تحوي عدداً متساوياً من الجزيئات في درجة حرارة وضغط متساويين».



لمزيد من المعلومات انظر
حالات المادة ص ١٨
تغيرات الحالة ص ٢٠
النظرية الحركية ص ٥٠
كيمياء الهواء ص ٧٤
الضغط ص ١٢٧
القوى في الموائع ص ١٢٨
الحرارة ص ١٤١
حقائق ومعلومات ص ٤٠٤

ينفخ البالون في السائل البارد.

يتوسع سائل على درجة حرارة ١٩٦°س



## قانون شارل

يتنفس البالون المملوء بالهواء عند وضعه في وعاء التروجين السائل. فدرجة الحرارة المنخفضة جداً تبطئ سرعة جزيئات الهواء داخل البالون، فيقل تدافعها وارتطامها بجدران البالون فينكمش. وقد اكتشف العالم الإفرنسي، جاك شارل العلاقة بين درجة الحرارة وحجم الغاز عام ١٧٨٧. وينص قانون شارل على أن «حجم الغاز يتناسب طردياً مع درجة الحرارة المطلقة، عندما الضغط ثابت» - فإذا قلت درجة الحرارة إلى النصف إلى الغاز أيضاً إلى النصف.

جداً تبطئ سرعة جزيئات الهواء داخل البالون، فيقل تدافعها وارتطامها بجدران البالون فينكمش. وقد اكتشف العالم الإفرنسي، جاك شارل العلاقة بين درجة الحرارة وحجم الغاز عام ١٧٨٧. وينص قانون شارل على أن «حجم الغاز يتناسب طردياً مع درجة الحرارة المطلقة، عندما الضغط ثابت» - فإذا قلت درجة الحرارة إلى النصف إلى الغاز أيضاً إلى النصف.

## للغازات وزن

قد يتبادر إلى أذهاننا أن الغازات عديمة الوزن لأن معظمها لا يرى، وهذا غير صحيح. فجميع الغازات لها كتلة ما لأنها تتألف من جسيمات، ولو توازن بالوزن مملوء بالهواء، ثم ننفس أحدهما يدوس، فنتشاهد أن البالون المليء بالهواء أصبح أثقل.



## قانون غي لوشاك

في العام ١٨٠٨، اكتشف الكيميائي الإفرنسي، جوزيف لويس غي لوشاك، أنه عندما يتفاعل الهيدروجين والأكسجين ليُنتجا الماء، فإن حجمين من الهيدروجين يتفاعلان دائماً مع حجم واحد من الأكسجين. وبمتابعة أبحاثه اكتشف أن نسبة أحجام الغازات التي تتفاعل بعضها مع بعض بمجملها هي نسبة عددية صحيحة وبسيطة. ويُعرف هذا بقانون غي لوشاك.

## مفتاح الدراجة

نحس دائماً بسخونة ونفخ الدراجة عند استعماله. وذلك لأن جزيئات الهواء في داخله تُرغم على التراص في حيز أقل، فتزداد سرعة ارتطامها بجدران المنفاخ فيسخن.

تسخن جدران المنفاخ مع تزايد سرعة ارتطام الجزيئات بها.



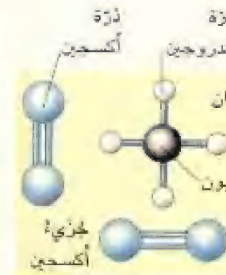


# التفاعلات الكيميائية



التفاعل الكيميائي هو ببساطة، تفكك أو انحلال مواد، وتكوّن مواد جديدة من الأجزاء المُفكّكة. وهذا يعني حدوث تغيير في البنية الجزيئية للمواد المتفاعلة وخواصها. ففي البنية الجديدة للمواد الناتجة (المنتجات) يُعاد ترتيب الذرات والجزيئات مُجدداً. وهذا يتطلب تفكيك الروابط الكيميائية في المُتفاعلات وتشكيل روابط جديدة في المنتجات. إن تفكيك أي رابط كيميائي يتطلب طاقة، في حين تُطلق طاقة عند تكوّن رابط جديد، وكلاهما يحصل في كل تفاعل كيميائي - وهذه الطاقة قد تكون حرارية أو صوتية أو كهربائية. التفاعلات التي تُطلق حرارة تُسمى إكسوتيرمية (طاردة الحرارة)، وتُسمى التفاعلات التي تمتص الحرارة إندوتيرمية (ماصة الحرارة).

يتفاعل الميثان مع الأكسجين ليكونا ثاني أكسيد الكربون وماء. وتُعتبر الأشكال أدناه كيف تتفكك الروابط بين الذرات ثم تُعاد ترتيبها.



## التفاعلات الماصة للحرارة

يستخدم الرياضيون كمادات مُبرّدة لتخفيف ألم الإصابات. فالتفاعل المُحدث في الكمادة يمتص الحرارة من جسم الرياضي، إذ إن الحرارة الممتصة في تفكك روابط المتفاعلات في هذا التفاعل أكبر من تلك المُطلقة في تكوين روابط المنتجات. وهذا مثل على تفاعل إندوتيرمي (ماصة للحرارة).

## تغير الروابط

في كل تفاعل كيميائي، تتفكك روابط في المتفاعلات لتشكل روابط المنتجات. الميثان مثلاً، المكوّن الرئيسي للغاز الطبيعي، يتألّف من أربع ذرات هيدروجين مُترابطة مع ذرة واحدة من الكربون؛ فعند احتراق الميثان يتفاعل مع أكسجين الهواء وتتفكك جميع الروابط بين ذراته، وتكوّن روابط جديدة لتولّف ثاني أكسيد الكربون وماء. وحيث إن هذه الروابط الجديدة ذات طاقة كامنة أقلّ منها في الروابط الأصلية، فإن التفاعل يُطلق فرق الطاقة كحرارة.

يستخدم الشفّنين الكهربائي تفاعلاً يُطلق الطاقة كهرباء لتبضع بها غرائشة.



## التفاعلات بالكهرباء

بعض التفاعلات يُستخدم الكهرباء، وبعضها الآخر يُنتجها. فالشفّنين الكهربائي مثلاً، يستطع قتل السمك المُعتار بصدمة كهربائية قد تبلغ ٢٢٠ قاط تولّد من تفاعل كيميائي يحصل في خلاياها. والترق الذي هو شرارة كهربائية ضخمة، يُحدث تفاعلات في الهواء - منها تكوّن ثاني أكسيد التروجن من التروجن والأكسجين، وتكوين الأوزون من الأكسجين.



يحدث الترقّ تفاعلاً بين التروجن والأكسجين يُنتج ثاني أكسيد التروجن، وهذا يذوب في ماء المطر ويتساقط على الأرض كحمض النتريك - أحد مُكوّنات المطر الحامضي.

## طاقة التنشيط

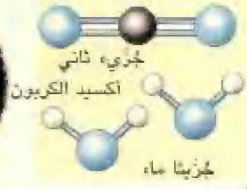
معظم التفاعلات تحتاج إلى كمية مُعيّنة من الطاقة لِنَبْدأ. لذا لا يستعمل عود الثقاب ما لم يُنشط بالحك؛ كذلك لا تحترق قبيلة الشمعة ما لم يُفركَ فيها عود ثقاب مُشعل. وتُسمى كمية الطاقة اللازمة لبدء التفاعل طاقة التنشيط.

لكأن طاقة التنشيط أكثر يجب على المتفاعلات تجاوزها.



## التفاعلات الطاردة للحرارة

عند احتراق الخشب، تطلق طاقته الكيميائية كطاقة حرارية. ويطلق هذا التفاعل على تفكك روابط كيميائية وتكوين روابط جديدة لكن كمية الحرارة المُنتجة بالترابط أكثر من تلك المُمتصة بالتفكك. لذا، يُطلق التفاعل حرارة، ويُسخّن المحيط حوله. فهذا مثل على تفاعل طارد للحرارة.



يتفاعل المغنسيوم في نافذة الشّر مع أكسجين الهواء مُكوّن أكسيد المغنسيوم. وهذا التفاعل يُطلق طاقة كطاقة صوتية.

يُضئ لؤلؤ غلاف الكتاب لأن الضوء الذي تسببه خزانتك أضياؤه يُفكك بعض الروابط الكيميائية فيها.

## التفاعلات بالضوء

الطاقة التي يُطلقها أو يمتصها تفاعل كيميائي قد تكون طاقة صوتية، فطاقة الشّر تطلق حين تُشعلها ضوءاً ساطعاً أيضاً اللون. والصلفات الاغلائية، كما الثياب، يتحول لونها بامتصاص ضوء الشمس القوي والتفاعلات الكيميائية الناتجة منه. كذلك يُخزض ضوء الشمس تفاعلات في جلده تُشغّل بشرة مُعفّرة، الميلانين الذي يُشغّلهم بشرة مُعفّرة.

## لزيد من المعلومات انظر

- الترابط الكيميائي ص ٢٨
- توصيف التفاعلات ص ٥٣
- سرعة التفاعلات ص ٥٥
- الحفّازات ص ٥٦
- تحوّلات الطاقة ص ١٣٨
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٤



# توصيف التفاعلات

الصِّغ والمُعَادَلَات الكِيمَاوِيَّة هِي لِلكِيمِيَائِي نَوْع مِّنَ الْكِتَابَةِ الْمُخْتَلَّة، كَمَا إِنَّهَا تُسْتَخْدَم فِي نَوْصِيف الْكِيمَاوِيَّات وَتَفَاعِلَاتِهَا. فَالْصِّغَةُ الْكِيمَاوِيَّة لِأَيِّ مُرَكَّب تُبَيِّنُ نَوْع الذَّرَات الَّتِي يَتَأَلَّف مِنْهَا وَبِأَيِّ نِسَب. وَتُعَبِّرُ الْمُعَادَلَةُ الْكِيمَاوِيَّة عَنْ التَّفَاعُل الْكِيمَاوِي، مَبَيِّنَةً الْمَوَادِّ الْمُتَفَاعِلَةَ وَنِسَبَهَا فِي طَرَفِ الْمَوَادِّ النَّاتِجَةِ فِي الطَّرَف الْآخَر - مُتَجَاوِزَةً مَشَاكِلَ اللُّغَةِ. وَتُسْتَخْدَمُ عَادَةً سَهْمٌ بَدَلًا مِّنْ عِلَامَةِ الْمَسَاوَاة بَيْنَ جَانِبِي الْمَعَادَلَةِ لِيُبَيِّنَ اتِّجَاهُ التَّفَاعُل. وَيَقْتَرَحُ بَعْضُ الْمُجَدِّدِينَ (وَلَعَلَّهُمْ مُحِقُونَ) كِتَابَةَ الْمُعَادَلَاتِ الْكِيمَاوِيَّة بِرُمُوزِهَا اللَّاتِينِيَّة الْمُسْتَخْدَمَةِ فِي مَعْظَمِ أَقْطَارِ الْعَالَمِ.

الرصاص	الزئبق	الفضة
الرموز القديمة		
رموز دالتون		
صا	بق	ف
الرموز الحديثة		

## الرُّمُوزُ وَالصِّغُ الْكِيمَاوِيَّة

السَّعَةُ الْعَاصِرُ الَّتِي عُرِفَتْ مِنْهُ الْقَدَمُ مِثْلُ كُلِّ مِنْهَا بِصُورَةٍ فَلَكِيَّة. وَحَوْلَى عَامِ ١٨٠٠، اِسْتَبْطَعَ جُونْ دَالْتُون، الْكِيمِيَائِي الْإِنْكَلِيزِي، مَجْمُوعَةً مِّنَ الرُّمُوزِ الصُّورِيَّة لِلْعَنَاصِرِ الْمَعْرُوفَةِ فِي أَيَّامِهِ. وَفِي عَامِ ١٨١١، اِسْتَبْطَعَ جُونْ بَرَاذِيلِيوس، الْكِيمِيَائِي السُّوَيْدِي، النِّظَامَ الْمُعْتَمَدَ الْيَوْمَ حَيْثُ تُمَثِّلُ الْعَنَاصِرُ بِالْحُرُوفِ. وَبِهَيْكُلٍ قَسَمَ هَذِهِ الْحُرُوفَ مَعَا الْكَالْسِيُومَ الْكَرْبُونُ الْاُكْسِجِينُ

## الصِّغُ الْكِيمَاوِيَّة

حَيْثَمَا كَانَ

لِكُلِّ مُرَكَّبٍ كِيمَاوِيٍّ

اسْمٌ وَصِفَةٌ تُبَيِّنُ

الْعَنَاصِرَ الَّتِي يَتَأَلَّفُ

مِنْهَا، فَالْاسْمُ

الْكِيمَاوِيُّ

لِلطَّائِفَةِ، مِثْلًا،

هُوَ كَرْبُونَاتُ الْكَالْسِيُومِ. وَصِفَتُهُ الْكِيمَاوِيَّةُ هِيَ

كَأَنَّ ٢ أَيْ مَعَ كُلِّ ذَرَّةٍ مِّنَ الْكَالْسِيُومِ (كَا) هُنَاكَ ذَرَّةٌ

مِّنَ الْكَرْبُونِ (ك) وَثَلَاثُ ذَرَّاتٍ مِّنَ الْاُكْسِجِينِ (أ).

تُخْفَلُ ذَرَّاتُ  
الرُّصَاصِ فِي الْمَاءِ

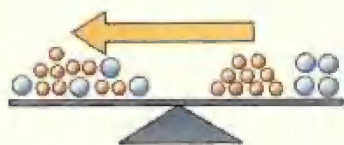
تُخْفَلُ يُونِيدُ  
الْيُونَتَاسِيُومِ فِي الْمَاءِ



هَذَا مِثْلُ عَرِ  
تَفَاعُلِ الْإِحْلَالِ  
الْمُتَابِلِ بَيْنَ  
مُرَكَّبَيْنِ.

يُونِيدُ الْيُونَتَاسِيُومِ + ذَرَّاتُ الرُّصَاصِ ← يُونِيدُ الرُّصَاصِ + ذَرَّاتُ الْيُونَتَاسِيُومِ  
المُعَادَلَةُ  
بِالْكَلِمَاتِ:  
المُعَادَلَةُ  
بِالرُّمُوزِ:  
لِتَتَوَازَنَ الْمُعَادَلَةُ يَجِبُ أَنْ  
يُضَاعَفَ عَدَدُ جُزْئِيَّاتِ يُونِي  
(وَعَدَدُ جُزْئِيَّاتِ يُونِ أَمْ)  
يُونِيدُ الرُّصَاصِ + ذَرَّاتُ الرُّصَاصِ ← يُونِيدُ الرُّصَاصِ + ذَرَّاتُ الْيُونَتَاسِيُومِ  
المُعَادَلَةُ  
بِالْكَلِمَاتِ:  
المُعَادَلَةُ  
بِالرُّمُوزِ:  
لِتَتَوَازَنَ الْمُعَادَلَةُ يَجِبُ أَنْ  
يُضَاعَفَ عَدَدُ جُزْئِيَّاتِ يُونِي  
(وَعَدَدُ جُزْئِيَّاتِ يُونِ أَمْ)  
يُونِيدُ الرُّصَاصِ + ذَرَّاتُ الرُّصَاصِ ← يُونِيدُ الرُّصَاصِ + ذَرَّاتُ الْيُونَتَاسِيُومِ  
المُعَادَلَةُ  
بِالْكَلِمَاتِ:  
المُعَادَلَةُ  
بِالرُّمُوزِ:  
لِتَتَوَازَنَ الْمُعَادَلَةُ يَجِبُ أَنْ  
يُضَاعَفَ عَدَدُ جُزْئِيَّاتِ يُونِي  
(وَعَدَدُ جُزْئِيَّاتِ يُونِ أَمْ)

## قَانُونُ بَقَاءِ الْكُتْلَةِ



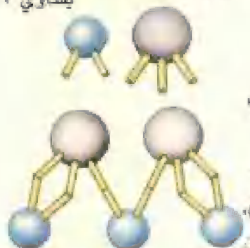
عِنْدَمَا يُخْفَلُ تَفَاعُلُ كِيمَاوِيٍّ لَا يَتَلَاحُظُ مِنْ  
الْمُتَفَاعِلَاتِ شَيْءٌ إِذْ فَقَطْ تَتَرْتَّبُ الذَّرَّاتُ مُجَدِّدًا  
لِتَكُونِ الْمُنْتَجَاتُ. لِذَا يَجِبُ أَنْ تَكُونَ الْمَعَادَلَةُ  
مُتَوَازِنَةً وَعَدَدُ الذَّرَّاتِ نَتَاصِيًا فِي كُلِّ مِّنْ  
طَرَفِهَا. وَهَذَا هُوَ قَانُونُ بَقَاءِ الْكُتْلَةِ، الَّذِي يَقْضِي  
عَلَى أَنَّ «مَجْمُوعَ كُتْلِ الْمَوَادِّ الْمُنْتَجَةِ فِي تَفَاعُلٍ  
مَا يُسَاوِي مَجْمُوعَ كُتْلِ الْمَوَادِّ الْمُتَفَاعِلَةِ»

## المُعَادَلَاتُ

يُمْكِنُ تَوْصِيفُ التَّفَاعُلِ بِطَرِيقٍ مُخْتَلِفَةٍ مِنْهَا كِتَابَةُ مُعَادَلَةٍ لَهُ كَلَامِيًّا أَوْ  
بِالصِّغَةِ الْكِيمَاوِيَّة. وَإِذَا اسْتُخْدِمَتِ الصِّغَةُ بِرُمُوزِهَا الْكِيمَاوِيَّة،  
فَيَجِبُ أَنْ تَكُونَ الْمُعَادَلَةُ مُتَوَازِنَةً، أَيْ أَنْ يَكُونَ عَدَدُ الذَّرَّاتِ  
الْمِمَالَّةَةِ مُتَاصِيًا فِي كُلِّ طَرَفٍ. فَبِالْمَعَادَلَةِ الْمُتَوَازِنَةِ وَخَذْنَاهَا يُمْكِنُ  
تَبَيُّانُ نِسَبِ الْكِيمَاوِيَّاتِ الْمُتَفَاعِلَةِ بَعْضُهَا إِلَى بَعْضٍ.

## التَكَافُؤُ

تَكَافُؤُ الْعَنَصَرِ هُوَ عَدَدُ الرُّوَابِطِ  
الْكِيمَاوِيَّةِ الَّتِي يُمْكِنُ لِلذَّرَّةِ تَكْوِينُهَا.  
وَهُوَ عَدَدُ الْإِلِكْتُرُونَاتِ الَّتِي تَكُونُ  
الذَّرَّةُ أَوْ تَقْبُذُهَا أَوْ تُسَاهِمُ بِهَا عِنْدَمَا  
تَتَشَكَّلُ رَابِطًا كِيمَاوِيًّا. فَلِتَكُونِ مُرَكَّبٌ  
مَا، يَجِبُ أَنْ يَكُونَ مَجْمُوعُ  
التَكَافُؤَاتِ لِكُلِّ عَنَصَرٍ فِيهِ عَدَدًا مُمَالَّةً.  
لِتَكُونِ مُرَكَّبُ اكْسِيدِ الْاَلُومِينِيُومِ (أَلَمْ، أَمْ)،  
تُحْسَبُ ذَرَّتَانِ مِّنَ الْاَلُومِينِيُومِ مَعَ ٣ ذَرَّاتٍ مِّنَ  
الْاُكْسِجِينِ



## الْمُولُ

يَحْصِي الْكِيمِيَائِيُونُ الذَّرَّاتِ وَالْجُزْئِيَّاتِ الْمُنْتَهِيَةِ الصَّغِيرِ  
بِالْكُتْلَةِ، وَالْمُولُ هُوَ الْوَحْدَةُ الْمَعْتَمَدَةُ لِذَلِكَ. يَحْوِي  
الْمُولُ مِنْ أَيِّ مَادَّةٍ ٦ × ١٠<sup>٢٣</sup> جُسَيْمٍ، لَكِنْ تُكْتَلَّ  
الْمَادَّةُ (أَيْ كُتْلَتُهَا الذَّرِّيَّةُ أَوْ كُتْلَتُهَا الْجُزْئِيَّةُ) تَخْتَلِفُ.  
وَاسْتِخْدَامُ الْمُولِ فِي عَدِّ الْجُسَيْمَاتِ أَشْبَهُ بِاسْتِخْدَامِ  
الطَّيْرَقِي الْوَزْنِ لِمَعْرِفَةِ عَدَدِ قِطْعِ الدِّرَاهِمِ الْمَعْدِيَّةِ بَدَلِ  
أَنْ يَغْدَعَهَا.

يَحْوِي الْمُولُ الْوَاحِدُ مِنْ رَابِعِ اكْسِيدِ  
الرُّصَاصِ ٦ × ١٠<sup>٢٣</sup> جُزْئِيٍّ.  
وَكُتْلَتُهُ تُسَاوِي ٦٨٥ غ.



يَحْوِي الْمُولُ الْوَاحِدُ مِنْ  
الْاَلُومِينِيُومِ ٦ × ١٠<sup>٢٣</sup> ذَرَّةً. وَكُتْلَتُهُ تُسَاوِي ٢٧ غ. وَقَدْ  
سُمِّيَ الْعَدَدُ ٦ × ١٠<sup>٢٣</sup> ثَابِتًا أَوْ عَدَدَ أَوْجَادَرُو.

## لِزِيدِ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- الرَّابِطُ الْكِيمَاوِيُّ ص ٢٨
- الْجُذُودُ الذَّرَوِيَّةُ لِلْعَنَاصِرِ ص ٣٢
- التَّفَاعِلَاتُ الْكِيمَاوِيَّةُ ص ٥٢
- الْمُرَكَّبَاتُ وَالْمُرَبِّعَاتُ ص ٥٨
- حِفَاقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤٠٤



# التفاعلات العكوسة



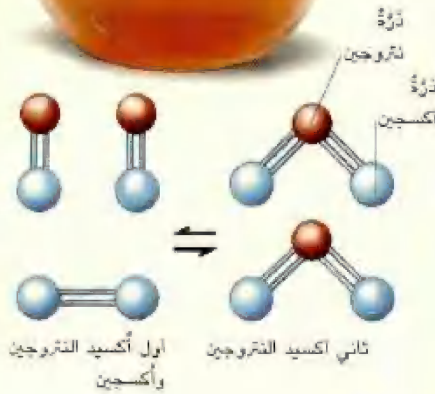
من العبت طبعاً تصنع كتلة خشبية من الدخان والرماد اللذين نتجا عن احتراقها! فمعظم التفاعلات الكيماوية، كالاحتراق، تجري في اتجاه واحد فقط؛ وهي تفاعلات لا عكوسة - إذا ما حصلت فلا يمكن إعادة مُنتجاتها إلى ما كانت عليه. لكن هذا لا ينطبق على كل التفاعلات الكيماوية، إذ يمكن أحياناً عكس التغير الحاصل. فمثلاً، عندما تُضاف مادة قلوية، كصودا الغسيل، إلى عصير الملفوف الأحمر يتحول لونه إلى خضرة مُزرقة. وإذا أُضيف حامض، كالخل، إلى العصير المُخضر، يعود العصير إلى لونه الأحمر ثانية. إن تفاعلات كهذه هي تفاعلات عكوسة ذات اتجاهين - قُدماً (كتحول العصير الأحمر إلى الخضرة) وعوداً (كتحول العصير الأخضر إلى الحمرة)؛ وكلاهما في الواقع يحصلان معاً في الوقت نفسه، غير أن ظروف التفاعل قد تجعل أحدهما أسرع من الآخر.

## حالة التوازن

التفاعل العكوس يبدو بعد فترة كأنه متوقف؛ والحقيقة أن التفاعلين، قُدماً وعوداً، مُستمران - لكن بالسرعة نفسها، أي أنهما في حال توازن كيماوي. وهذا يشبه واقع المركبة (مكنة الركض) حيث تبقى في مكانك إذا ركضت بسرعة تعادل سرعة المكنة؛ وإذا تباطأت تجد نفسك في تراجع، وعليك أن تزيد من سرعتك لإعادة التوازن ثانية.



**ثاني أكسيد النيتروجين**  
إذا سُخِّن غاز ثاني أكسيد النيتروجين البني اللون، يَبْهَت لَوْنُهُ تدرجياً حتى يصبح عديم اللون على درجة حرارة ٦٢٠° س. وذلك لأنه يتفكك إلى غازي أول أكسيد النيتروجين وأكسجين؛ وكلاهما عديم اللون. وعند التبريد يتعكس هذا التغير.



أول أكسيد النيتروجين وأكسجين ثاني أكسيد النيتروجين



تفاعل في حالة التوازن. إن سرعة التفاعل قُدماً تساوي سرعة التفاعل عوداً.

إذا أُضيف مزيد من المُنتجات، فستزيد سرعة التفاعل الرجوع لاستتباب المواد المُضافة.

إذا أُضيف مزيد من المُتفاعلات، فستزيد سرعة التفاعل قُدماً لاستتباب المُتفاعلات المُضافة.

## مبدأ لوشاتلييه

إن أي تغير في درجة الحرارة أو الضغط أو التركيز، خلال تفاعل عكوس، يُغيّر سرعة التفاعل قُدماً أو عوداً. فبالترديد، مثلاً، تزداد سرعة التفاعل العكس للحرارة، لإبطال أثر التبريد. وقد لُحِصَت هذه الظواهر في مبدأ لوشاتلييه - الذي ينص على أن «التغير الواقع على تفاعل في حال التوازن يؤدي إلى انجاء التفاعل في السُخى الذي يُبطل تأثيرات ذلك التغير».

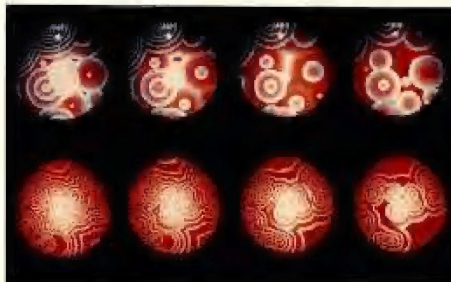


## تغير لا عكوس

عندما يَحتَرَق الورق ينتج ثاني أكسيد الكربون وماء وبنّاج. وهذه المُنتجات لا يمكن إعادةُها إلى ورق ثانية، لأن الاحتراق تفاعل لا عكوس.

## الساعات الكيماوية

بعض التفاعلات العكوسة لا تستقر على توازن؛ فإذا ما ابتدأت تواجَل تَرجَحُها إقبالاً وإدباراً. ويُحدث هذا أحياناً تغيرات لونية مُدهشة. ففي لحظة قد يكون المحلول أزرق، وفي اللحظة التالية يصبح أحمر اللون. وكون ترجيح هذه التفاعلات يحدث في فترات زمنية مُتَظَمِّمة، فقد أطلق عليها اسم «الساعات الكيماوية».



أُخِصَت هذه المسورة لاثنتين من تفاعلات «الساعات الكيماوية» على فترات بين الواحدة منها والأخرى دقيقة؛ وهي تُبيِّن حركة التفاعلات اللونية أثناء التفاعل.

## لمزيد من المعلومات أنظر

- تغيرات الحالة ص ٢٠
- النيتروجين ص ٤٢
- الأكسجين ص ٤٤
- التفاعلات الكيماوية ص ٥٢
- سرعة التفاعلات ص ٥٥
- قياس التحفيز ص ٧٢
- الأمونيا ص ٩٠



# سرعة التفاعلات

تُحَصِّل الانفجارات بِسرعة فائقة، أما التفاعلات الأخرى فأبطأ كثيرًا - فقد لا يظهر الصدا على درّاجة جديدة قبل عدّة سنوات. في حياتنا اليومية كثيرًا ما نرغب في تغيير سرعة تفاعل ما؛ فنحن نَصْغ اللبن في الثلاجة لكي نَبْطِئ سرعة اَحْمِضاضه. كذلك يرغب الكيميائيون أيضًا في التحكم بِسرعة التفاعلات - فالصنّاعيون منهم يودّون تسريع التفاعلات لتخفيض التكاليف، أما العلماء البيئيون فيريدون تبطئة التفاعلات المُضِرّة بالأرض. والعوامل التي يمكن أن تؤثر في سرعة التفاعل كثيرة، أهمها درجة الحرارة والضغط وتركيز المتفاعلات والضوء ومساحة السطح.

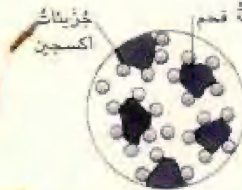


## تفجّر الفحم

قطعة الفحم الكبيرة لا تتفاعل مع الهواء إلا بعد إشعالها؛ لكنّ مزيجًا من دُفاق الفحم والهواء يتفاعل بِسرعة مُتَجَرّة، كما في انفجارات المناجم. وذلك لأن المساحة المُتاحة على التفاعل في دُفاق الفحم كبيرة جدًا.

## تأثير مساحة السطح

بمساحة السطح لحجم جامد هي مُجمل مساحة سطحه الخارجيّة، وهذه تؤثر في سرعة التفاعل.



تطالّ جزيئات الأكسجين في دُفاق الفحم، جسيمات الفحم المُتاحة للتفاعل مع جزيئات الأكسجين كثيرة جدًا.



تطالّ جزيئات الأكسجين جسيمات الفحم السطحيّة فقط.



«أوتزي، جثّة رجل عمرها ٥٠٠٠ سنة، وُجدت مخلوطةً جِسم مُتَلَجّية ضخمّة بين إيطاليا والنمسا عام ١٩٩١، والمُفترّش أن يكون الجسد قد تحوّل إلى هيكل عظمي بال، لكنّ درجة الحرارة الخفيفة بَنّات انحلاله.

## تأثير درجة الحرارة

تُسرع مُعظم التفاعلات بارتفاع درجة الحرارة. وذلك لأنّ طاقة الجسيمات المُتفاعلة تزداد بارتفاع درجة الحرارة وتزداد سرعتها كذلك. وهكذا تزداد احتمالية ارتطام بعضها ببعض بقدارٍ من الطاقة كافٍ لإحداث تفاعل. أما بانخفاض درجة الحرارة، فتَبْطِئ جميع التفاعلات الكيميائية وهذا هو سب استخدام الثلاجات لحفظ الطعام.

## تأثير الضوء

الدائن الخلوّة حيوانًا تتحلّ في ضوء الشّمس الساطع بِسرعة أكبر من انحلالها في خزان المطايخ. ذلك لأنّ بعض التفاعلات تُسرّع بالضوء - إذ يُمدّ الضوء الجزيئات المُتفاعلة بطاقة تزيّد من تحرّكها.



## تأثير التركيز

إذا أردت صنع ماديّ ما بِسرعة، فعليك استخدام محلول صاغ شديد التركيز. ففي المحلول المركز، كثير جدًا من جسيمات الصّباغ المُتداية لِتتصادم مع المادّة ونسب التفاعل. أما في المحلول المُتخفّف الحاوي قلّة من جسيمات الصّباغ، فسرعة التفاعل، بالتالي، بطيئة. وللسبب نفسه، فإنّ عملية الاحتراق في هواء عالي المُحتوى الأكسجيني سريعة جدًا.

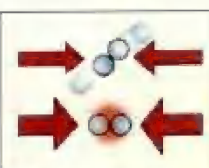


## تأثير الضغط

جسيمات الغاز مُتباعدة كثيرًا، لكنها بِزيادة الضغط تقارب، وتزداد احتمالية تصادّهما لإحداث تفاعل فيما بينها. وفي الأوتوكلاف (المُؤبّدة) يُستخدَم الضغط العالي لتعقيم الأشياء بالبخار بِسرعة كبيرة.

## نظرية التصادم

يحصل التفاعل الكيميائي حينما تصادّم الجسيمات المُتفاعلة فيما بينها بِقوّة (أو بطاقة) كافية (هي طاقة النشيط) لتضكك الروابط فيما بينها. وحسب نظرية التصادم هذه، فإنّ الجسيمات المُتصادمة ستَرْتدّ بعضها عن بعض إذا لم تتوافر لها الطاقة الكافية. وهذا مثل لما يحدث في سباق السيارات القديمة؛ فالسيّاران المُباريتان لن تُحدثا القطب المُتوقّع ما لم ترتطما بِقوّة كبيرة جدًا.



إذا تجابت جسيمتان، فقد يرمّكان بدون تفاعل، إلا إذا كان التصادم بِقوّة كافية لإحداث تفاعل كيميائي.

## لزيد من المعلومات أنظر

- النظرية الحركيّة ص ٥٠
- التفاعلات الكيميائية ص ٥٢
- الحفّازات ص ٥٦
- المحاليل ص ٦٠
- صناعة الكيماويات ص ٨٢



# الحفّازات

تُحفّض الحفّازات طاقة التنشيط اللازمة للتفاعل.



## مسار التفاعل

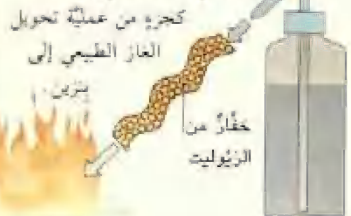
تسرّع الحفّازات التفاعل بتوفيرها مساراً أسهل لنفساره. تخيلُ سباقاً للدراجات حيثُ يتكافح أحدُ الفريقين لتجاوز فتنة ربوة صعبة، بينما يدرّج الفريق الآخر ترولاً في المنحدر دون غناء. فالمسلك الزئويّ الأكسيدي يمثّل طريق التفاعل الطبيعي، بينما يمثّل الشحندر المسار الذي يُوفّره الحفّاز.



في الصورة أعلاه مجموعة من الحفّازات المختلفة، المتباينة الشكل والحجم، لكنها جميعها كبيرة المساحة السطحية باثنا.

## الميثانول

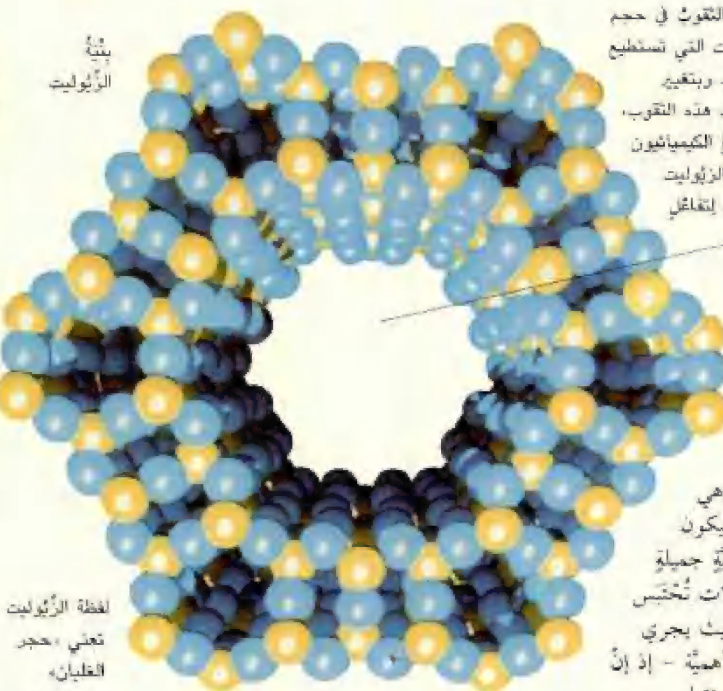
الميثانول، أو الكحول الميثيلي، سائلٌ صافٍ يمكنُ حرقه في قوارير مئة عامر بدون أن يتغير. لكنه إذا أمر فوق حافزٍ من الزئوليت المشعّ، يتحول فوراً، بتفاعل كيميائيّ لاخط، إلى بنزين. وتُستخدمُ هذا التفاعل المهم اقتصادياً في نيوزيلندا كجزءٍ من عملية تحويل الغاز الطبيعي إلى بنزين.



بنزين ميثانول

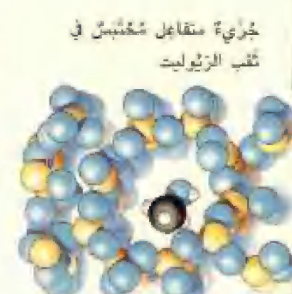
## الخلايا الوقودية

تُستخدمُ الخلايا الوقودية في العربات الفضائية حفّازاً فلزّياً، هو البلاتين غالباً، لتحويل مخزونها من الهيدروجين والأكسجين إلى ماء. وهذا التفاعل يؤلّد طاقةً كهربائية تُشيدُ أجهزة العربة بالقدرة، وفي الوقت نفسه يُنتجُ ماءً يقي بحاجة الطاقم للشرب والعسل وإعادة إغاضة الطعام. وهكذا ترى أنه حتى روادُ الفضاء يعتمدون على الحفّازات.



لفظة الزئوليت تعني «حجر الغليان» باليونانية لأن عند إحمائه يُطلق الماء من ملايين الأقنية الدقيقة بداخله (ويصبح حفّازاً شديد الفعالية).

تتمكّن القوَب في حجم الجزيئات التي تستطيع الدخول. وتتغير مقاسات هذه القوَب، يستطيع الكيميائيون تخليق الزئوليت المناسب لتفاعلٍ مُعيّن.



جُزئية متقابل شُعْبَتِيّ في ثقب الزئوليت

## الزئوليتات

الزئوليتات طائفةٌ مذهشة من الحفّازات توجد طبيعياً في الصخور البركانية، كما يمكنُ تصنيعها أيضاً. وهي تتألف عادةً من ذرات الألومنيوم والسليكون والأكسجين مترابطة معاً في بنيةً نخروبية جميلة تحوي ملايين القوَب، فخلال التفاعلات تُخبّس الجزيئات المتفاعلة في هذه القوَب حيث يجري تفاعلها. إن حجم القوَب أمرٌ بالغ الأهمية - إذ إن ذلك يسمح لجزيئات من حجمٍ مُعيّن فقط بالدخول لإجراء التفاعل الكيميائيّ.

القوَب في سلعة كبيرة من الزئوليت تولّد مساحة تفاعل تعادل مساحة ملعبين لكرة القدم.



## مساحة السطح

نقلُ معظم الحفازات بقرب المُتفاعلين واحدهما إلى الآخر عن طريق تشكيل روابط مؤقتة مع أحدهما أو كليهما. لذا فمن المهم جداً أن يكون الحفّاز ذا مساحة سطح كبيرة لأن هذا السطح هو المكان الذي تجري فيه التفاعلات. فمثلاً، مساحة القوَب في ملعقة كبيرة من الزئوليت تعادل مساحة ملعبين مُجمعتين لكرة القدم.



الزير الذي يُقدّمه المُشكر عند وضعه في شراب مُكرّب سيُبدّل أن السكر يعمل كحفّاز لطرّد ثاني أكسيد الكربون من المحلول.



## الأزيمات

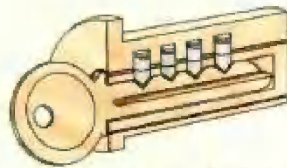
تُنتج الطبيعة حفازات حيوية رائعة هي الأنزيمات، التي بدونها كانت تُصبح آلاف التفاعلات في الجسم البشري من البطء بحيث يستحيل استمرار الحياة. تُحفز الأنزيمات في أجسامنا انحلال الطعام وتُساعد في تخليق كيماويات مهمة كالبروتينات. كما تُستخدم الأنزيمات اليوم أيضا لتصنيع الأدوية ومساحيق الغسيل وعصير الفاكهة.



يُصفو  
عصير  
الفاكهة الكدور  
بواسطة الأنزيمات.

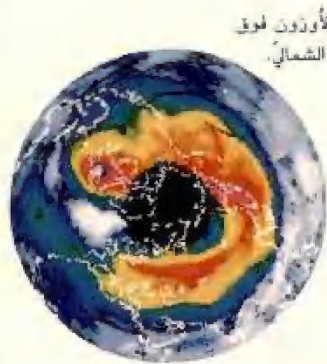
تعمل الأنزيمات في مساحيق  
الغسيل على تفكيك البقع وإزالتها.

الأنزيم، بخلاف غيره من الحفازات، يُستهلك نوعا شبيهاً من التفاعلات. فكما انفجحت الصلحوق فقط يلازم قذفاً معيناً، كذلك يجب أن تتلامس الجزيئات المتفاعلة بوقتٍ مع جزيء الأنزيم.



**المُحوّل الحفّاز**  
تحوي بعض السيارات مُحوّلًا حفّازًا. هذا المُحوّل يُحيلُ غازات العادم السامة الملوثة للهواء إلى غازات أقل ضرراً. ويتألف المُحوّل من طبقات رقيقة من فلزّي البلاتين والروديوم على حوامل لخروية. وحيث إنّ الرصاص يُفسد البلاتين والروديوم (لأنه يلتصق بهما ويمنع التفاعل) فينبغي أن تستعمل السيارات ذات المُحوّلات الحفّازة البترين الخالي من الرصاص.

يُحوّل المُحوّل أول أكسيد الكربون والهيدروكربونات إلى ثاني أكسيد الكربون وماء؛ كما يُحوّل أكاسيد النتروجين إلى نيتروجين - فتتطوّل المُنتجات إلى الهواء دون ضررٍ يذكر.



طبقة الأوزون فوق  
القطب الشمالي.

## حفّاز انحلال الأوزون

الكُلُور الناتج عن تفكك الغازات الكربونية، المُهلجنة بالكُلُور والفلُور، هو الحفّاز المُتعلّق في إتاحة الأوزون إلى أكسجين في طبقات الجو العليا. وتُكثّل الحفّازات، يفي الكُلُور على حاله في نهاية التفاعل، فيتابع تفكيك المزيد من الأوزون، وهذا هو سبب القاب الخطير في طبقة الأوزون في أعالي الجو.

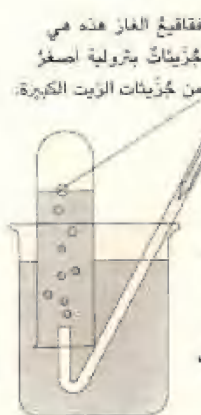
### لمزيد من المعلومات أنظر

- التفاعلات الكيميائية ص ٥٢
- سرعات التفاعل ص ٥٥
- المركبات والتّزيجات ص ٥٨
- كيمياء الجسم البشري ص ٧٦
- مُنتجات النفط ص ٩٨
- الهضم ص ٣٤٥



## التكسيرُ بالحفّز

الجزيئات المولدة من سلاسل طويلة من ذرات الكربون تُصبح أكثر فائدة إذا ما أُخيمت وقلّعت إلى قطع أصغر. إنّ عمليّة التكسير هذه تتطلب درجات عالية جدًّا من الحرارة؛ لكنها باستخدام حفّاز كاتاليت، تصبح أسهل وأسرع. وهكذا يمكن تحويل جزيئات النفط الخام الكبيرة إلى جزيئات أصغر أكثر فائدة كجزيئات البترين.



فقائيق الغاز هذه هي  
جزيئات بترولية أصغر  
من جزيئات الزيت الكبيرة.

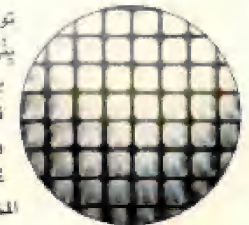
صوف معيني شُربُ بزيّت  
البرافين (الكروسين)

قطع خَرْف صينيّ

حرارة

## التكسيرُ في المُختبر

يمكن استخدام قطع الخرف الصيني كحفّاز لتفكيك زيت البرافين، ويُعرف هذا التفاعل بالتكسير. وإذا أُحمي الصوف المعدني المُشربُ بزيّت البرافين في أنبوب اختبارٍ بحيث يُنثر الزيت فوق الخرف الصيني، فإنّ روابط جزيئات الزيت الكبيرة تتفكك وتكوّن جزيئات غازية أصغر وأخفّ يمكن تجميعها.

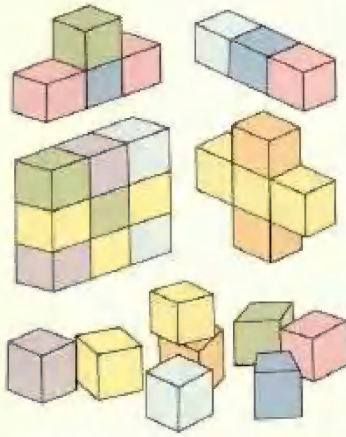


توجد داخل المُحوّل  
بني شُروبيّة تطلّعت  
بطبقة رقيقة من  
فلزّي البلاتين  
والروديوم - وهما  
عنصرَا الحفّز في  
المُحوّل.



# المركبات والمزيجات

قلما نتواجد العناصر حرة في الطبيعة؛ فمعظم المواد تتألف من عنصرين أو أكثر ترابطت ذراتها بطرق وتفاعلات كيميائية مختلفة لتكوّن المركبات. وهذه من العسير جدًا فصلها بعد ذلك إلى مقوماتها. جزيء الماء، مثلاً، يتألف من ذرتي هيدروجين مُتحدتين مع ذرة واحدة من الأكسجين. إن اتحاد العناصر كيميائياً لتكوين المركبات يختلف اختلافاً جذرياً عن مُجرّد مزج المواد معاً للحصول على مزيج - حيث تختلط العناصر أو المركبات المختلفة دونما تفاعل كيميائي، كما هو الحال الذي هو مزيج من الماء وبعض المركبات كملح الطعام. تمتاز المواد لتكوين المزيج بأي نسبة وتحتفظ المقومات بخواصها، بخلاف مقومات المركب؛ لذا يمكن فصل المزيجات إلى مكوناتها المختلفة بطرق سهلة.



## كُتْلُ البناء

كما تُستخدم حُرُوفُ الهجاء في بناء ملايين الكلمات، هكذا تُستخدمُ العناصر في تكوين ما لا يُحصى من المركبات المختلفة. فالعناصر هي كُتْلُ البناء الطبيعية المستخدمة في تكوين الكثير الكثير من البنى الكيميائية المختلفة.

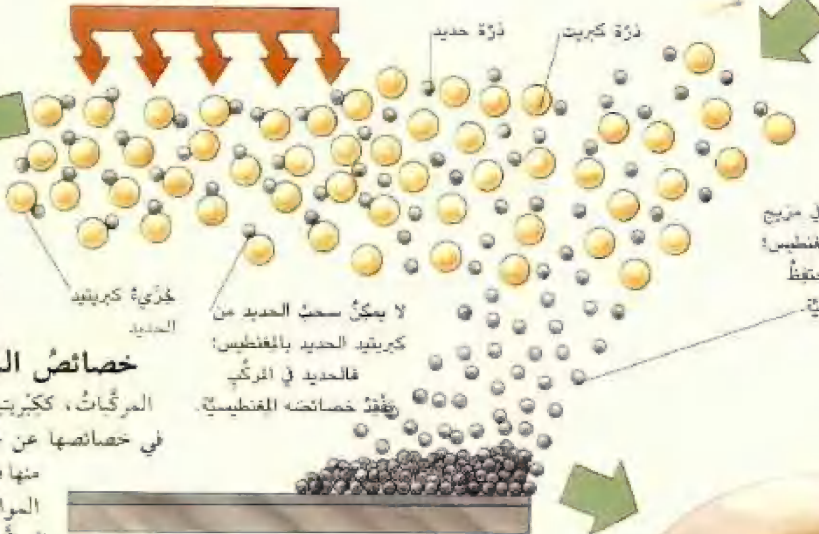
## الحديد والكبريت

في مزيج من بُرادة الحديد والكبريت تظلُّ الذرات مُنفصلة، ويحتفظ كلٌّ من الحديد والكبريت بخواصه المميزة. أما عند إحماء المزيج، فيحصل تفاعل كيميائي يُنتج مركباً أسود هو كبريتيد الحديد. وهذا المركب يحوي ذرات الحديد مترابطة كيميائياً مع ذرات الكبريت، وهو ذو خصائص مختلفة تماماً عن خصائص المزيج أو مكوناته منفردة.



عندما تُمزج بُرادة الحديد مع الكبريت، يظلُّ بإمكانك مشاهدة دقائق الحديد السوداء في مسحوق الكبريت الأصفر.

تتدفق حرارة



يمكن فصل الحديد في مزيج الكبريت والحديد بالمغناطيس؛ فالحديد في المزيج يحتفظ بخصائصه المغناطيسية.

## خصائص المركبات والمزيجات

المركبات، ككبريتيد الحديد، تختلف اختلافاً جذرياً في خصائصها عن خصائص العناصر التي تتألف منها؛ لكن المزيج يحتفظ بخصائص المواد التي يحتويها. وهكذا فإنَّ فصل المركب إلى عناصره أمرٌ صعبٌ، إذا لم يكن مستحيلاً أحياناً؛ بينما يمكن فصل المزيج إلى مقوماته بسهولة تامة، كفصل بُرادة الحديد بالمغناطيس في مزيج الحديد والكبريت. كذلك فإنَّ المركب يحوي دائماً بنى ثابتة من العناصر التي تولّقه - فكبريتيد الحديد (ح كـب) يحوي دائماً جزءاً واحداً من الحديد للجزء الواحد من الكبريت. أما في المزيج، فيمكن أن تتغيّر نسب المواد المختلفة التي تتألف منها.

الدّان مركبات شُعْطُ مقوماتها من الهيدروجين والكربون.

هناك شُرُكُها وعزيجات عديدة في منظر المدينة الظاهرة في الصورة.

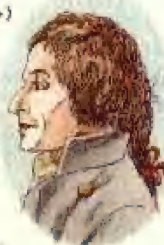
الرُّجُلُ شُرُكُها من السليكون والأكسجين.

هياكل السيارات مصنوعة من مزيجات لؤلؤة شُعْطُ سيات.



## قانون النسب الثابتة

بلح الطعام (كلوريد الصوديوم، ص كل) مركب يتواجد في ماء البحر ومناجم الملح، ويمكن تحضيره في المختبر. لكنّه يبقى المِلْحُ دائماً المركب جزيئياً من ذرة واحدة من الصوديوم وذرة واحدة من الكلور. ويُشعَلُ قانون النسب الثابتة على أنَّ لكلِّ مركبٍ نَفْثٍ يحوي دائماً العناصر نفسها بنسبٍ ثابتة بالوزن.

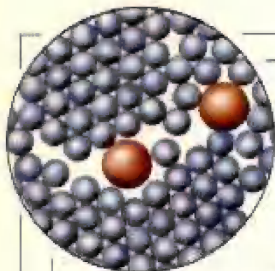


## جوزيف لوي بروست

كان الكيميائي الفرنسي، جوزيف - لوي بروست (1788-1846)، مُولِعاً بتحليل كلِّ ما يقع في مُتَاوَلِه. فاكشف أنَّ نسب العناصر في أيِّ مركبٍ هي دائماً ثابتة. ولم يُرَقْ ذلك لعلماء عصره، لمخالفته تفاهيتهم لكن بروست كان على حق - فقد اكتشف قانون النسب الثابتة.



## التفاعلات



### السبائك

بعض الأجسام،  
كالعربات الفضائية،  
تُصنع بالضرورة من  
مواد خفيفة ومتينة؟

والفلزات النقية لا تحقق  
هذه المواصفات. لذا  
تُستخدم مزيجات من  
الفلزات تُدعى السبائك -  
وهي تُصنع بإضافة كمية قليلة من فلز نقي إلى فلز  
آخر. وحيث إن شكل  
الذرات في الفلز المضاف  
مختلف، فإنها تُغيّر بنية  
الفلز الأصلي وتجعله  
أمتن وأقوى على  
الشيء.



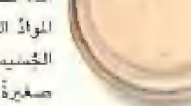
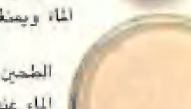
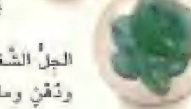
تكون الفضاء هذا مصنوع  
من سبيكة تيتانيوم.

في تشبيلة الشلطة،  
يمتص الزيت فوق  
الخل - كونهما  
سائلين لا يمتزجان.

الجنة مزيج من  
سائلين مزوجين هما  
الكحول والماء - فلا  
يتفصلان إلى طبقتين.

الجل الشعري مزيج من جاسو  
ودقي وماء. فالجل يمتص  
الماء ويمنعه من الجف.

الطين يشكل مستحلبًا مع  
الماء عند مزجهما معًا. في  
المواد الغروانية تكون  
الجسيمات المستعلقة  
صغيرة جدًا.

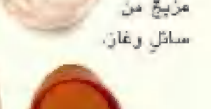


تخلط التوتوز مزيج من  
دقائق الغبار الجافة مع  
الهواء.



الحبر مزيج  
من جامد وغاز.

زغوة  
الجلالة  
مزيج من  
سائل وغاز.



في  
المشروبات الغازية غاز، هو  
ثاني أكسيد الكربون،  
مذاب في السائل.

### أنواع المزيجات

يمكن مزج الجوامد والسوائل  
والغازات بتوليفات ونسب  
مختلفة. وتأخذ مزيجات  
السوائل أشكالًا متعددة؛ فالماء  
والكحول مزوجان، أي  
يمتزجان بسهولة. أما السوائل  
اللامزوجة، كالخل والزيت،  
فيبقى أحدهما (الزيت) فوق  
الآخر. لكن بإضافة عامل  
استحلاب (مستحلب)، تستعلق  
قطرات الزيت في الخل لتكوين  
مزيج يدعى مستحلبًا.  
والمايونيز هو مستحلب من  
الزيت والخل، والمستحلب فيه  
هو ملح (صغار) البيض.

### التخليق والتفكيك

كثيرًا ما يركب الكيميائيون جزيئات أكثر، وأكثر إفادة، من  
جزيئات صغيرة؛ ويُعرف هذا بالتخليق. لكنهم أحيانًا  
يجدون ضرورة لفعل عكس ذلك - فيحللون جزيئات كبيرة  
إلى جزيئات صغيرة؛ ويُعرف هذا بالتفكيك.

الكور غاز أخضر  
اللون سام.



يُشحن الصوديوم مع  
الكور فينبج ككلوريد  
الصوديوم. أي ملح  
الطعام.



الصوديوم فلز  
يضي زمادي  
شديد التفاعلية.

### مركبات مختلفة من العناصر نفسها

يُنتج النحاس والأكسجين مركبتين مختلفتين:  
أكسيد النحاس (I)، وهو مسحوق أحمر بُني  
يتألف بنسبة جزئين من النحاس إلى جزء واحد من  
الأكسجين، وأكسيد النحاس (II) الذي يتألف  
بنسبة جزء واحد من  
النحاس إلى جزء  
واحد من الأكسجين  
ولونه أسود زمادي.



أكسيد النحاس (I)  
(نح. أ)



أكسيد النحاس (II)  
(نح. ب)

تتخذ ذرة الصوديوم عن الكورون  
واحد لذرة الكلور، فيصبح في الغلاف  
الخارجي لكل منهما ثمانية إلكترونات.



### إلكترونات الانتقال

تألف الذرة من نواة يدور حولها عدد من الإلكترونات  
في مستويات أو غلافات متباعدة؛ وتكون الذرة أكثر  
استقرارًا إذا احتوى غلافها الخارجي ثمانية إلكترونات،  
وتكون متفاعلة وربما خطيرة بأقل من ذلك. ففي اتحاد  
الصوديوم والكلور تُغيّر إلكترونات الانتقال مواقعها  
ليصبح الغلاف الخارجي لكل ذرة من الصوديوم  
والكلور مستقرًا. والمركب الناتج عن هذا الاتحاد هو  
ملح الطعام المستقر واللامتفاعل.

فقط الذهب عيار ٢٤  
فقط هو ذهبي نقي.  
أما الأقل من ذلك،  
فمزيج من الذهب  
وفلزات أخرى رخيصة.

الذهب عيار ٩ قراريط  
يحتوي ٢٧٪ ذهبًا فقط.  
حاشية تعري  
عيار ٩ قراريط



### تكوين المركب

تختلف المركبات  
اختلافًا جذريًا عن العناصر  
التي تولّفها. فملح الطعام،  
المعروف بالخصائص، مركب

من الصوديوم والكلور - علمًا أن الصوديوم فلز خطير التفاعلية مع الهواء  
والماء (لذا يُحفظ في الزيت)، والكلور غاز أخضر اللون شديد التفاعلية  
وسام إذا استنشق بكميات كبيرة. لكن عندما تتحد ذرات الصوديوم مع  
ذرات الكلور تفقد خصائصها الخطيرة والسامة - مكونة مركبًا جديدًا هو  
كلوريد الصوديوم أي ملح الطعام المألوف.



### النقاوة

المواد النقية كيميائيًا تحوي نوعًا واحدًا من  
الذرات أو الجزيئات فقط. فالذهب النقي  
يتألف من ذرات الذهب ولا شيء سواه. وتوصف  
بعض المشروبات أحيانًا بأنها «عصير نقي» -  
بمعنى أنها لا تحوي أي مواد اصطناعية.  
لكن الكيميائي لا يعتبر العصير مادة نقيّة،  
بل خليط من مركبات متعددة كالماء  
والسكر. فالمزيجات على العموم  
ليست نقيّة، بخلاف المركبات التي  
تحوي نوعًا واحدًا من الجزيئات.

رغم أن عصير البرتقال الطازج لا يحوي أي  
إضافات، فالكيميائي لا يصعبه بالنقاوة - لأنه  
يحتوي أكثر من  
نوع واحد من  
الجزيئات.



### لمزيد من المعلومات انظر

- البنية الذرية ص ٢٤
- الترباط الكيميائي ص ٢٨
- العناصر ص ٣١
- التفاعلات الكيميائية ص ٥٢
- المحاليل ص ٦٠
- فضل المزيجات ص ٦١
- التحليل الكيميائي ص ٦٢
- السبائك ص ٨٨
- مستحضرات التجميل ص ١٠٣



# المحاليل

يدو ماء البحر صافياً، لكنّه يحوي الكثير من المواد كالأملح وغازات الهواء وسواها مُذابة فيه؛ فهو مثّل على المحاليل التي هي مزيجات من نوع خاصّ تمتزج فيه الجُزيئات المختلفة بالتساوي. وتُحصّرُ المحاليل عادةً بإذابة جامدٍ في سائل، كإذابة السُكّر في الشاي؛ فالسُكّر يُدعى المُذاب والشاي يُدعى المُذيب. وهناك أنواعُ أخرى من المحاليل تكون فيها الجوامد والسوائل والغازات مُذابات أو مُذيبات. المحاليل المُركّزة تحوي كميات كبيرة من المُذاب في مقدارٍ مُعيّن من المُذيب. قُربُ البرتقال، مثلاً، هو محلولٌ مُركّزٌ نشربه مُحفّفاً بإضافة الماء.



شراب  
الفاكهة الأزّار هو  
محلولٌ من عصير  
الفاكهة والسُكّر وثاني أكسيد الكربون.

## محاليل لا سائلة

الهواء محلولٌ غازي يحوي الأكسجين وغازات أخرى مُدابة في التروجين. وتُصنع السفن من سبائك هي محاليل جامدة من فلزّ مُذاب في فلزّ آخر.

يُجذب أيونٌ موجب  
الشحنة إلى طرف  
جزيء الماء  
المثالي.

## الجُزيئات المُتجاذبة

تُعتمد ذُويّةُ مادّةٍ ما على مدى التجاذب بين جُزيئات المُذاب وجُزيئات المُذيب. فالعاء مُذيبٌ جيّدٌ لأنّ جُزيته ذو شحنةٍ كهربائيةٍ ضئيلةٍ تُمكنه من تكوين روابطٍ ضعيفةٍ مع جُسيماتٍ مُشحونةٍ أخرى. بعض المركّبات، كالأملاح، تتحلل في الماء إلى نوعين من الجُسيمات المشحونة، تُسمّى أيونات، أحدهما موجب الشحنة والآخر سالب الشحنة. وهذه الأيونات يمكنها أن تشكّل روابطاً ضعيفةً مع جُزيئات الماء.

نُستخدمُ الأسماءُ القليلة من الأكسجين المُدابة في الماء للعيش. إنّ الغازات المُدابة في السوائل، على عكس الجوامد، تتطوّل منها عند الإحما؛ لذا لا تستطيعُ الأسماكُ العيش في المياه المُفرّطةُ بالأكسجين.



## المُذيب العام

اكتشف الكيميائيون، من خلال تجاربهم، طرقاً لتفكيك المُلحّات بتذويبها في بعض المُذيبات. وهم جُهدوا، عبثاً، في البحث عن «مُذيب عام» يُذيب كلّ شيء. ولو نجحوا، لُرى أين كانوا سيضعونه؟

## جوامد غير ذُويّة

المواد التي تذوب في الماء، كعصا الأملاح، تُدعى موادّ ذُويّة أو ذُويّة في الماء غير الذُويّة، كالزُمل والزيت. لا تذوب في الماء. وذلك لأنّ الماء لا يمكنه التغلّب على القوّة التي تربط جُزيئات الزُمل أو الزيت بعضها ببعض. فهذه الجُزيئات تُؤثّرُ البقاء مُترابطةً فيما بينها على الانفصال عن بعضها والامتزاج مع جُزيئات الماء.



## مُذيبات مُختلفة

بعض المواد لا تذوب في الماء. فبعض أنواع الغراء مثلاً، تسبّغ مُذيبات خاصة (تُدعى مُذيبات عُضويّة) كالأسيتون، لإذابتها. فعندما يجفّ الغراء، يتحرّر المُذيب تاركاً وراءه جامداً لاصقاً يُلصق السطحين معاً.

يذوب الهواء الذي يشتملُ على الغطاسون في الدم مُكوّناً محلولاً. فإذا صعد الغطاس فجأةً إلى سطح الماء، ينطلق الهواء من المحلول مُكوّناً فقاعات هوائية في الدم. وهذه حالة خطيرة تُعرفُ بالثخني.



## المحاليل المُشبعة

يحوي البحر الميت في فلسطين، كمّيات كبيرة من الملح. وكلما زاد التبخّر لشدّة الحرّ، تتركّز كمّيةُ المِياه فيما تبقى كمّياتُ الملح على حالها، فترسّبت بلّورات جامدة لعدم وجود مُتسعٍ لكلّ المِياه المُذاب. عندما لا تعودُ المحاليل تُسبّع لمزيد من المُذاب تكون قد أصبحت مُشبعة.

## لمزيد من المعلومات انظر

- خصائص المادّة ص ٢٢
- الترابط الكيميائي ص ٢٨
- الكيمياء العُضويّة ص ٤١
- المُركّبات والتزيجات ص ٥٨
- فصل التزيجات ص ٦١
- كيمياء الماء ص ٧٥
- المواد اللصوقة ص ١٠٦



# فصل المزيجات

يستخدم الكيميائيون أساليب تقنية مختلفة لفصل المزيجات، كالترشيح والتقطير والقرز بالطرد المركزي وغيرها. ويعتمد الأسلوب المستخدم على نوع المزيج وعلى خصائص المواد التي يتألف منها. وفي المنازل تستخدم مصفاة لترشيح أوراق الشاي؛ وإذا كانت أوراق الشاي من الحجم الكبير، فيمكن تركها لتستقر في قاع الكوب قبل أن يشرب الشاي. ويعرف هذا النوع من فصل المزيجات بالترويق والتصفيق.



المادة المراد بقاؤها جافة  
جل  
السليكا

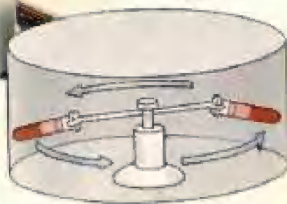
## التجفيف

لحفاظ على جفاف المواد في مخبره، يحفظها الكيميائي في جفاف (وعاء تجفيف). والمجفاف المحكم الشد يحوي مادة ماصة للرطوبة، كجل السليكا، تمتص الرطوبة من الهواء. وكثيراً ما توضع ورم صغيرة من جل السليكا في تحافظ الكاميرات لحماية عدسة الكاميرا من الرطوبة. إن عملية التجفيف هذه هي: يختلف أشكالها، وسيلة بسيطة لإزالة الماء من المواد.



نايئة (مؤارة)  
طاردية

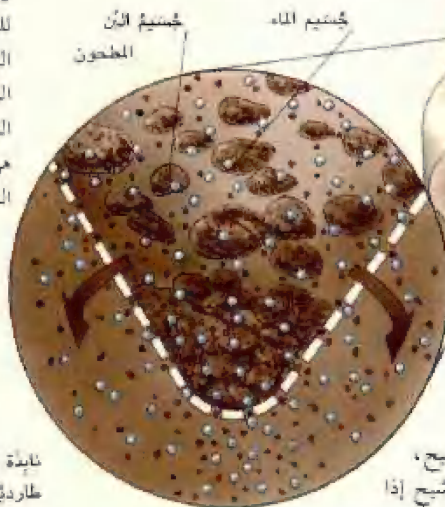
بالثدويم السريع  
تهبط الجسيمات  
التي تعلق إلى قعر  
الأنبوب.



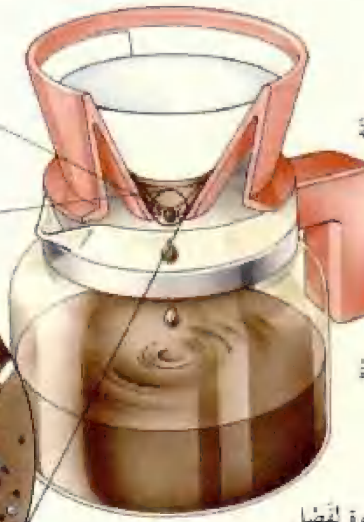
## القرز المركزي

تفرز النايئة، كما المصفاة التدوينة، مزيجات السوائل والمواد بتدويمها بسرعة عالية. تهبط المواد الثقيلة مُبعدة إلى القعر، وتعلوها المواد الأقل كثافة. ويتم قرز الدم في أنابيب الاختبار بهذه الطريقة لفصل خلايا الدم الثقيلة عن سائل البلازما الأخف.

الماء والمذابات فقط تتركز في غشاء ورقة الترشيح - بينما تحتجز الجسيمات التي الكبيرة.



جسيمات الماء  
جسيمات الن  
المطحون



## التصفيق

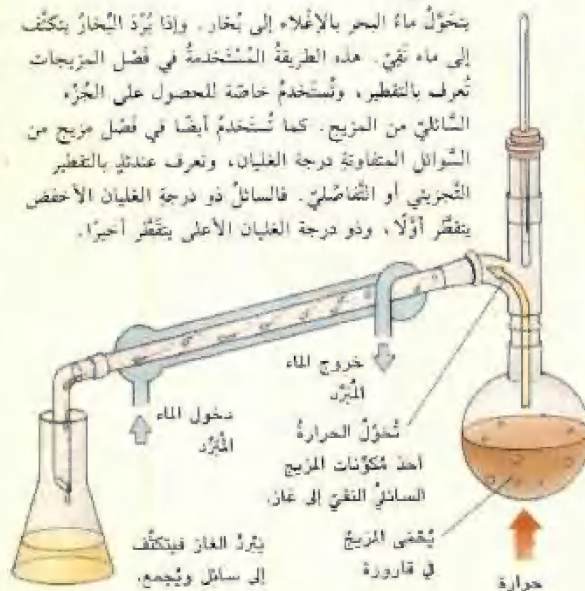
الباحثون عن الذهب في مجاري الأنهار الضحلة، يستخدمون أوعية مسطحة واسعة لغرف خليط من الرمل والحصى وعاء النهر، ثم يدومون الخليط في الوعاء، تستقر في قعره جسيمات الذهب الثقيلة - إن وجدت، ويصفق السائل الموجل غير المرغوب فيه بإمالة الوعاء بعناية. ففي طريقة التصفيق هذه تفضل المواد المختلفة الكثافة كما تصفق القشدة العافية (الأقل كثافة) من الحليب.

## الترشيح

يستخدم ورق الترشيح في غلاية القهوة لفصل مسحوق البن المحمص عن سائل القهوة. فعندما يمر بخار الماء فوق مسحوق البن، تذوب خلاصة القهوة في الماء المتكاثف، وتعتبر سائل الترشيح. أما دقائق البن الغليظة فتظل مكانها فوق ورقة الترشيح، لأنها أكبر من أن تعبر المسام المرشحة. تفضل مقومات المزيج بطريقة الترشيح إذا كانت حجوز جسيماتها متباينة الفذ جداً - الدقيقة منها ترشح، والكبيرة تحتجز.

## التقطير

يتحول ماء البحر بالإغلاء إلى بخار. وإذا بُرد البخار يتكثف إلى ماء نقي. هذه الطريقة المستخدمة في فصل المزيجات تعرف بالتقطير، وتستخدم خاصة للحصول على الجزء السائل من المزيج. كما تستخدم أيضاً في فصل مزيج من السوائل المتفاوتة درجة الغليان، وتعرف عندئذ بالتقطير التجزيي أو التفاضلي. فالسائل ذو درجة الغليان الأقل ينقشر أولاً، وذو درجة الغليان الأعلى يتقطر أخيراً.



خروج الماء  
المبرد  
تسول الحرارة  
أحد مكونات المزيج  
السائل النقي إلى عاز  
يقطع المزيج  
في قارورة  
حرارة  
يدخل الماء  
المبرد  
يتركز الغاز فيتكثف  
إلى سائل ويجمع.

## تجفيف المحاصيل بالتشميس



## التبخير والتبخير

يمكن تجفيف العنب بالتشميس، فتسول حرارة الشمس الماء في العنب مثلاً، إلى بخار يتسرب إلى الهواء - تاركاً وراءه الرزيب المفضل. التبخير (أو التبخير) وسيلة لإزالة السوائل بالحرارة. إن تجفيف الشمر هو مثل آخر على هذه الوسيلة.

## لمزيد من المعلومات انظر

- تغيرات الحالة ص ٢٠
- خصائص المادة ص ٢٢
- المركبات والمزيجات ص ٥٨
- المحاليل ص ٦٠
- التحليل الكيميائي ص ٦٢
- منتجات النفط ص ٩٨
- الحركة الدائرية ص ١٢٥



# التَّحْلِيلُ الكِيمَاوِيّ

يَعْمَلُ الكِيمَاوِيُّونَ أحيانًا كَشْرطَةِ التَّحْرِي فِي بَحْثِهِمْ عَنْ دَلَالَاتٍ تَنبُئُ عَنْ ماهِيَّةِ المادَّةِ الحَقِيقَةِ. فكيمائيُّ التَّغْذِيَةِ، مَثَلًا، يُجْرِي اخْتِبَارَاتِهِ لِلتَّحَقُّقِ مِنْ سَلَامَةِ الأَغْذِيَةِ وَخُلُوطِهَا مِنَ السُّمُومِ أَوِ البَكْتَرِيَا. وَيَفْتَحُصُ كِيمَاوِيُّ التَّحْلِيلِ الطَّبِيعِيَّ سَوَائِلَ الجِسْمِ كَالدَّمِ وَالبُولَ لاكتشاف طبيعة المرض أو مُسَبِّبَاتِهِ. وَكيمائيُّ البيئَةِ يُحَدِّدُ سَلَامَةَ البيئَةِ بِفَحْصِ عَيِّنَاتٍ مِنَ الهَوَاءِ وَالماءِ وَالتُّرْبَةِ دَوْرِيًّا، وَيُسْجَلُ مُسْتَوِيَاتُ التَّلَوُّثِ. وَفِي مَتَاوَلِ العُلَمَاءِ اليَوْمِ وَسَائِلُ تَقْنِيَّةٍ عَدِيدَةٌ وَمُتَوَعَّةٌ لِتَحْلِيلِ المَوَادِّ وَتَحْدِيدِ مُكوِّنَاتِهَا. فَالتَّحْلِيلُ التَّوَعْمِيّ يُحَدِّدُ مُكوِّنَاتِ المادَّةِ نَوْعًا (ماهِيَّةً)، بَيْنَمَا يُحَدِّدُ التَّحْلِيلُ الكَمِّي هَذِهِ المَكوِّنَاتِ كَمًّا (وَزْنًا).

محلّول  
شحذ  
التركيز



## الإِسْتِثْرَابُ الغَازِيّ

يُسْتَعْمَدُ الكِيمَاوِيُّونَ أحيانًا أساليبَ الإِسْتِثْرَابِ الغَازِيّ لِقَضَلِ مَزِيجٍ مِنَ الغَازَاتِ، لِيَجْعَلُوا المَزِيجَ يَتَرَى غَيْرَ جامِدٍ مُعَيَّنٍ حَيْثُ تُنْتَرِ بِمَعْضِ أَجْزَاءِ المَزِيجِ الغَازِيّ بِقُوَّةٍ أَكْثَرَ مِنْ سَوَاهَا، فَتُفَصِّلُ عَنْ مُكوِّنَاتِ المَزِيجِ الأُخْرَى.

يَظَلُّ الشُّبْنُ الأَزْرَقُ قَرِيبًا مِنْ مَرَكِزِ الورقة لِأَنَّهُ جَذَابَةٌ إِلَى الورقة أَكْثَرَ مِنْ سِوَاهَا.

يُشْرِي الشُّبْنُ الأصْفَرُ نَحْوَ أَطْرَافِ الورقة لِأَنَّهُ جَذَابَةٌ لِلْمَاءِ أَكْثَرَ مِنْ سِوَاهَا.

يَحْتَاجُ العُلَمَاءُ إِلَى مَوَازِينٍ حَسَّاسَةٍ لِتَحْدِيدِ وَزْنِ المَوَادِّ الَّتِي يَسْتَخْدِمُونَهَا فِي المَخْتَبَرِ. هَذَا النُّوعُ مِنَ التَّحْلِيلِ هُوَ تَحْلِيلُ كَثْفِيّ.

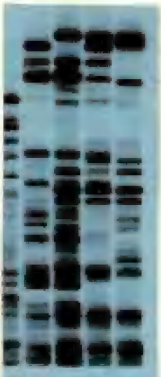
محلّول الاختبار  
العديم اللون يصبح  
أحمر ورديًا عندما  
يُكْتَمَلُ التَّغَاغُلُ.



## المُعَايَرَةُ

يُسْتَعْمَدُ الكِيمَاوِيُّونَ المُعَايَرَةَ لِتَحْلِيلِ التَّحْجِيمِ لِقِيَاسِ تَرَكِيزِ المَحَالِيلِ، فَيَجْعَلُونَ المَحْلُولَ يَتَفَاعَلُ مَعَ مادَّةٍ كِيمَاوِيَّةٍ أُخْرَى مُحدَّدةِ التَرَكِيزِ، وَعِنْدَمَا يَحْصُلُ تَغْيِيرٌ فِي اللَّوْنِ، يَكُونُ المَحْلُولُ قَدْ تَغَاغَلَ بِكَامَلِهِ. وَبِحَسَابِ كَمِّيَّةِ المادَّةِ المُتَفَاعِلَةِ مِنَ المَحْلُولِ العِبَارِيِّ يُمْكِنُ احْتِسَابُ تَرَكِيزِ المَحْلُولِ المُخْتَبَرِ.

يَتَوَرَدُ قَرِيبُ جَانِبِيَّةِ د ن أ قَرِيبَةً وَتُفَصِّلُ بِهِ وَحْدَهُ.



## الإِسْتِثْرَابُ

الجَبَرُ الأَسْوَدُ هُوَ فِي الغَالِبِ مَزِيجٌ مِنَ أصْبَاغٍ مُخْتَلِفَةٍ. فَعِنْدَمَا تُضَعُّ بَقْعَةٌ مِنْهُ عَلَى وَرَقَةٍ تَرَشِيعٌ نَتْمُ تَضْيِفٌ قَلِيلًا مِنَ المَاءِ، تَنْتَشِرُ بَقْعَةُ الجَبَرِ عَلَى شَكْلِ خَلَقَاتٍ مُخْتَلِفَةٍ الأَلْوَانِ، كُلُّ حَلْقَةٍ تَحْوِي جَبْنًا مُخْتَلِفًا. وَتُفَصِّلُ الأَصْبَاغُ لِأَنَّهُ بَعْضُهَا يَلْتَصِقُ بِالْوَرَقَةِ فَيَظَلُّ قَرِيبًا مِنَ المَرَكِزِ، بَيْنَمَا يَفِضُ البَعْضُ الأُخَرَ ذَاتًا فِي المَاءِ وَيَنْتَشِرُ بَعِيدًا عَنِ المَرَكِزِ. وَتُعْرَفُ هَذِهِ التَّقْنِيَّةُ بِالإِسْتِثْرَابِ. وَيُسْتَعْمَدُ الكِيمَاوِيُّونَ طَرِيقَةَ الإِسْتِثْرَابِ فِي اخْتِبَارِ نَقَاوَةِ المَوَادِّ، كَمَا يَسْتَخْدِمُهَا الأَطْيَاءُ فِي تَحْلِيلِ غَيِّنَاتِ البُولِ لِلتَّكْشِفِ عَنْ أَثَرِ مِنَ السُّكَّرِ (مِنْ عِلَامَاتِ دَاءِ السُّكَّرِي).

الذهب الزائف (ذهب المغفلين)

يَتَرَدَّدُ الذَّهَبُ الزَّائِفُ أَثَرًا أَسْوَدَ عِنْدَمَا يُخْرَفُ فَوْقَ بِلَاطَةٍ بَيضاء؛ بَيْنَمَا لَا يَتَرَدَّدُ الذَّهَبُ الحَقِيقِيُّ أَيُّ عِلَامَةٍ.



## الاخْتِبَارُ الإِنْفِلَاقِيّ

أَخْفِيقِي هَذَا الذَّهَبَ أَمْ زَائِفٌ؟ دَهَبُ المَغْفَلِينَ مَرْتَبُ كِيمَاوِيّ مِنَ الحَدِيدِ وَالجَبَرِ يُشَبُّ الذَّهَبَ. وَالاخْتِبَارُ عَيْةٌ مِنْهُ، يُمْكِنُ لِلْكِيمَاوِيّ أَنْ يَنْبَهَا (فَالذَّهَبُ الزَّائِفُ، ذَهَبُ المَغْفَلِينَ، أَخَفُّ مِنَ الذَّهَبِ)، أَوْ أَنْ يُضَيِّقَ إِلَيْهَا حَامِضًا (يَلْدُوبُ ذَهَبَ المَغْفَلِينَ فِي الحَامِضِ)، أَوْ أَنْ يُجَرِّهَا فَوْقَ بِلَاطَةٍ بَيضاء (حَيْثُ يَتَرَدَّدُ الذَّهَبُ الزَّائِفُ خَرًّا أَسْوَدًا). إِنَّ اخْتِبَارِي الحَامِضِ وَالبِلَاطَةِ البَيضاءَ يُثَبِّتَانِ العَيْةَ، فَهَذَا مِنَ الاخْتِبَارَاتِ الإِنْفِلَاقِيَّةِ. أَمَّا اخْتِبَارُ الوِزْنِ فَهُوَ لَاتِلَافِيّ يُبْقِي العَيْةَ سَلِيمَةً.

## عُلُومُ الطَّبِّ الشَّرْعِيّ

يُسْتَعْمَدُ عُلَمَاءُ الطَّبِّ الشَّرْعِيّ تَجَارِبَ عَدِيدَةً لِحَلِّ أَسْرَارِ الجَرَائِمِ، مِنْ هَذِهِ التَّجَارِبِ، مَثَلًا، تَجَرِبَةٌ جَدِيدَةٌ تُعْرَفُ بِبَيْمَانِيَّةِ د ن أ، تُسْتَعْمَدُ فِي كَشْفِ القَاعِلِ مِنْ بَيْنِ المُشْتَبِّهِ بِهِمْ بِفَحْصِ لُطْفَةٍ مِنْ دَمِهِ أَوْ بَعْضِ الخَلَايَا مِنْ جِلْدِهِ، كَتَلِكِ المُتَوَاجِدَةِ فِي جَدُورِ الشَّعْرِ. وَتُعْتَمَدُ هَذِهِ الطَّرِيقَةُ عَلَى الإِسْتِثْرَابِ، الْمِثَالَةِ لِلإِسْتِثْرَابِ، لَنَكْتَهَا تُسْتَعْمَدُ مَحَاظًا كَهَرَبَاتِيًّا، حَيْثُ تُفَضِّلُ المادَّةُ الْوَرَائِثَةَ عَنْ بَقِيَّةِ أَجْزَاءِ العَيْةِ. وَبِمَا أَنَّ سَيِّغَةَ د ن أ فِي هَذِهِ المادَّةِ قَرِيدَةٌ لِلشَّخْصِ دُونَ سِوَاهَا، تَمَامًا كَبَضَمَاتِ الأَصْبَاحِ، لَنَدَا تُسْتَعْمَدُ فِي التَّعْرِفِ عَلَى القَاعِلِ، وَهَذَا يَبْرُ تَسْمِيَةَ هَذِهِ الوَسِيلَةِ أحيانًا بِبَضَمَاتِ الأَصْبَاحِ الْوَرَائِثَةِ.



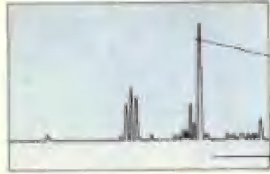
## فرانزيس أستون

بدأ فرانزيس أستون (1877-1940)، الكيميائي الإنكليزي عمله كمساعد لـ ج. ج. طومسون في مختبر كافنديش، بجامعة كمبريدج، حيث دُرِس الأيونات الموجبة الشحنة، واختراع المطياف الكتلي عام 1919 فتسنى له به اكتشاف العديد من النظائر الجديدة. ونال بذلك جائزة نوبل للكيمياء عام 1922.



## المطياف الكتلي

تُكَلِّ الذرات صغيرة جدًا بحيث يصعب قياسها، لكن يمكن مفاضاها بواسطة المطياف الكتلي. يُقَرَّر المطياف ذرات العينة بحسب كتلتها، ويُسَبِّح المقادير المتواجدة من كل نوع منها. ويتم ذلك بتحويل الذرات إلى أيونات ثم جعلها تنحرف في مجال مغناطيسي. الأيونات الثقيلة تنحرف أكثر من الأيونات الخفيفة، ولذلك تُقَرَّر الأيونات ويمكن تعيين طبيعة كل منها.



يُعطي غلو القبة عدد الأيونات المتواجدة من كل نوع. يُعطي المقاييس الأسفل كتلة كل نوع من الأيونات.

تُحَرَّف الأيونات الكبيرة الكتلة بعيدا عما يلتقطه الكاشف. ولا تُحَرَّف الأيونات الصغيرة الكتلة بقدر كاف.

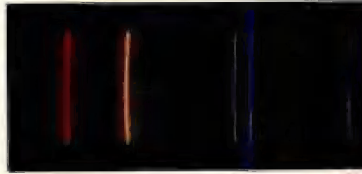
يُسَرِّع نُبَّاز الأيونات بواسطة مجال كهربائي ومن ثم يُحَرَّف بمجال مغناطيسي.

تُحوَّل العينة إلى غاز، ثم تُحوَّل ذراتها إلى أيونات.

مطياف الانبعاث الذري لعنصر الهليوم

## طيف الانبعاث الذري

الضوء المنبعث من الذرة خلال اختار اللهب ما هو إلا جزء من كل خليج. فالذرة، في الواقع، تُنبعث طبقاً من الأصواء المختلفة الألوان عند إحسانها، بعضها فقط مرئي لنا. أما الترددات الضوئية الأخرى، فيمكن التقاطها ورويتها، بواسطة المطياف، كطيف انبعاث ذري. وهذا الطيف هو كبقعة الاصنع بالنسبة للذرة، لأن لكل عنصر طيفه الفريد المميز.



تحترق مركبات النحاس بلأزرق ساطع إلى الخضرة



تحترق مركبات الباريوم بلهب بُني ساطع إلى الخضرة.



تحترق مركبات البوتاسيوم بلهب ليكني.



تحترق مركبات الليثيوم بلهب أحمر.

## اختبارات اللهب

عند إحساء مُرَكَّب فلزي في لهب ماء، تحترق مُكَيِّباً اللهب لوناً مُعَيَّناً. ويحدث ذلك لأن حرارة اللهب تُدوِّم إلكترونات الذرات بسرعة فتنبعث الضوء، والفلزات المختلفة تُلوّن اللهب بألوان مختلفة مُميِّزة يمكن بها تعريف الفلز ومُرَكَّباته. فمُرَكَّبات النحاس، مثلاً، تكسب اللهب دوماً لوناً أزرق مائلاً إلى الخضرة. وهذه الألوان المُميِّزة لمركبات الفلزات هي قوائم الألوان الجميلة في الأشهر النارية.

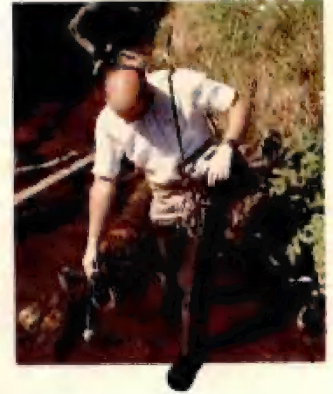
## تحليل أسباب وفاة نابليون

خُلِّلَ الكيميائيون عيَّات من شعر نابليون بوناپرت (1769-1821)، الإمبراطور الفرنسي، بعد وفاته، فوجدوا فيها كميات ضئيلة من الزرنيخ. فاشبه بأنه مات تسموماً. لكن تم مؤخراً اكتشاف مستويات عالية من الزرنيخ في صياغات ورفي جدران قُبْرِهِ، فخلل الرطوبة والعفن أشههما في تحويل ذلك الزرنيخ إلى غاز قاتل.



## نُحْص المياء

يُستخدَم علماء البيئة التحليل الكيميائي لفحص نوعية المياه وسلامتها، فمياء الأهار قد تكون مُلوّنة بالأسمدة والمُطَفَّات والأوساخ ومياه المجاري والمطر الحامضي. ويسدور العالم استخدام أساليب المُعَايَرَة، مثلاً، لإيجاد كمية المادة المُذابة في عيّنة من الماء.



## لمزيد من المعلومات انظر

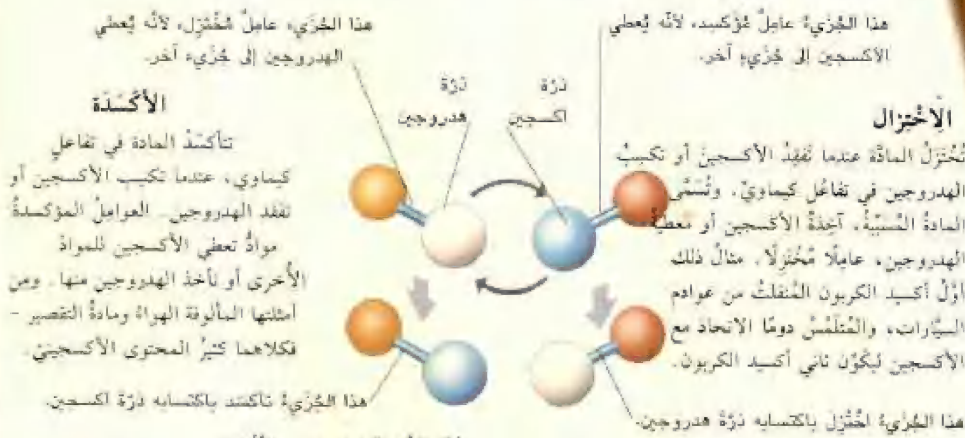
- البينة الذرية ص 24
- المركبات والمزيجات ص 58
- قُطْبُ المزيجات ص 61
- مُضَادُّ الضوء ص 193
- الوراثيات ص 364
- حقائق ومعلومات ص 404



# الأكسدة والاختزال

لو أنَّ الرُّواد الذين نزلوا على سطح القمر أرادوا إشعال نارٍ على سطحه لما استطاعوا. فالاحتراق هو تفاعل أكسدة - تتحد فيه المادة مع الأكسجين؛ ولا أكسجين في جو القمر. أما في جو الأرض، فالكثير من التفاعلات الكيماوية المهمة التي تحصل كل يوم تتضمن تفاعلات أكسدة - كاحتراق المواد وصدا الفلزات وحتى في عملية التنفس. فالطعام الذي نأكله يتحول إلى طاقة بالاتحاد مع الأكسجين الذي نستنشق. ويُقال عن جميع المواد التي تتحد مع الأكسجين أو التي تفقد الهيدروجين بأنها تأكسدت. كما إن عملية فقد الأكسجين أو كسب الهيدروجين تسمى اختزالاً. والواقع أنَّ عمليتي الأكسدة (الاختزال والأكسدة) تحدثان مترافقتين - فعندما تكسب إحدى مادتي التفاعل الأكسجين تكون الأخرى قد فقدته.

عندما يحترق شيء فإنه يتحد مع الأكسجين الهواء. فالاحتراق هو تفاعل أكسدة.



**أكسدة الرُّخوة في الأفران**

يُؤخذ الخزافون فخارياتهم بمادة ترخيج تحوي فلزاً كالحديد مثلاً، وعندما يُشوي الوعاء الفخاري في فرن، يفرغ من الأكسجين، يتأكسد الحديد ليُكون أكسيد الحديد، ح، أ، أ، الأحمر اللؤلؤ. أما إذا شوي الوعاء في فرن دون وفرة من الأكسجين، فالحديد يتأكسد مُكوّناً أكسيد الحديد، ح، أ، الأسود اللؤلؤ.

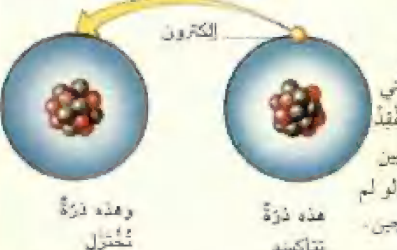


**التأكُل بالصدا**

يُصدأ الحديد أو الفولاذ إذا ما تعرّض للهواء والرطوبة. والصدا يتأل على تفاعل أكسدة هدام. فعندما يتأكسد الحديد يُكون طبقة سطحية من أكسيد الحديد (الصدا)، يظل يحترقها أكسجين الهواء ليتلغ الطبقات الداخلة؛ وسرعان ما يأخذ الصدا سبيله إلى كامل الفلز فيلتفه. ولتُنع هذا التفاعل المُدمر، تُطلى السطوح الفولاذية، كجهاكل السفن، بالدّهان الواقى الذي يمنع وصول أكسجين الهواء إليها.

**نظرية اللاهوب (الفلوجستون)**

مراقبة الذهب المُتصاعد من احتراق الخشب أوجت إلى الطبيب الألماني، جورج شتال (1760-1734) فكرة أنَّ كل ما يحترق إنما يتبعث محتواه من اللاهوب، لكن أطوار لانوازيه (1793-1794)، الكيميائي الفرنسي، خطاً هذه النظرية ودفعها حين برهن أنَّ كل ما يحترق إنما يتحد مع أكسجين الهواء.



**إتصال الإلكترونات**

في عمليات الأكسدة والاختزال تجري دائماً مُناقلة الإلكترونات بين الذرات. فالذرات التي تكسب إلكترونات يُقال إنها اختزلت والتي تفقد إلكترونات إنها تاركست. ونظراً مع الكيميائيين نُسب هاتين العمليتين أكسدة واختزالاً حتى ولو لم يتضمنن التفاعل عُضري الأكسجين والهيدروجين.

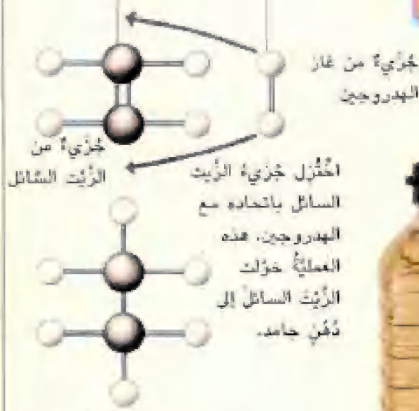


**الأكاسيد**

تتحد الأفلزات مع الأكسجين لتُكون أكاسيداً ومُحاليل هذه الأكاسيد في الماء حامضية. فأكاسيد النتروجين وثاني أكسيد الكبريت، مثلاً، هي أكاسيد لافلزات تنتجها محطات القدرة الكهربائية في الجوّ. وعندما تدوب هذه في الهواء الرطب تُنتج مطراً حمضياً يلحق الضرر بالأشجار والبحيرات والأبنية. لذا يحاول المسؤولون عن محطات القدرة معالجة الشبكات منها قبل إطلاقها إلى الجوّ. هذا وشهد الفلزات مع الأكسجين لتُكون أكاسيد قاعدية - مُحاليلها في الماء قلوية.



ذرة هيدروجين ذرة كربون



### تصنيع المَرْجَرِين

يُصنَّع زُبْد المَرْجَرِين الجَامِد من الزُّيُوت النباتية السائلة (كزيت دُزَار النَّشْتِ) باتحادها مع الهيدروجين. وتُدعى هذه العملية بالهَدرْجَة وهي مثالٌ عَمَلِيٌّ على تفاعلات الاختزال، ويمكن التَّحكُّم في قِوَام المَرْجَرِين طَراوة أو صَلابة، حسب الطَّلب، بالناقص أو زيادة كَثَيَّة الهيدروجين المتفاعلة مع تلك الزُّيُوت.



زيت سائل

غازات الانفلات

### مُضَادَّات التَّأكْسِد

يُضَدُّ الطَّعام إذا ما تفاعل مع أكسجين الهواء. ولتَمنع ذلك، تُضَافُ

كِيَمَوِيَّاتٌ مُضَادَّةٌ لِلتَّأكْسِد إلى الطَّعام خِلالَ تَصْنِيعِهِ. وهذه الكِيَمَوِيَّاتُ تُوقِفُ تَأْكْسِدَ الطَّعام بِتَأْكْسِدِهَا في يَبْقَى الطَّعام سَلِيمًا. وغالبًا ما تُوجَدُ مُضَادَّاتُ التَّأكْسِد هذه بِخَاصَّة في الأغذية الدُهْنِيَّة كَالزُّيُوت النَّبَاتِيَّة لِأَنَّهَا سَرِيعَةُ التَّأكْسِد.



دُفْن جامد

### مُكَافَئَةُ الحَرِيق

إشعاع النّار يَحْتَاجُ إلى وَقُودٍ وإلى حَرَاةٍ لِيَدُمَّ الاِسْتِيعَال. وَحَيْثُ إِنَّ الاِسْتِيعَالَ هو تفاعلٌ أكْسِدِيٌّ، فَهُوَ يَحْتَاجُ أيضًا إلى مِدَّةٍ كَافِيَةٍ مِنَ الأكْسِجِين لِيسْتَمِرَّ؛ وَعِنْدَمَا يَتَوَقَّفُ ذَلِكَ الإِمْدَادُ تَنطَفِئُ النَّارُ. وَهَكَذَا، يُمْكِنُ إطفَاءُ النَّارِ بِإِمْدادِهَا بِوَاسِطَةٍ نَقَايَةِ، أو بِتَغْطِيطِهَا بِالرَّعَاوَةِ الكِيَمَوِيَّةِ أو بِثَانِي أكْسِيدِ الكَرْبُونِ من مِطْقَاءِ حَرِيق.



### مُحَلِّلَةُ النَفْسِ

تُستخدَمُ شَرِطَةُ الشَّيْرِ في بَعْضِ البُلْدَانِ تَفاعُلَ أكْسِدَةِ لاِخْتِيار الكُحُولِيَّةِ لَدَى السَّافِقِينَ. فَعِنْدَمَا يَزْفُرُ أَخْذَهُمْ دَاخِلَ مُحَلِّلَةِ النَفْسِ، يَتَأَكْسَدُ الكُحُولُ (الإيثانول) في زَفِيرَةٍ إلى حَامِضٍ الإيثانويك (حامض الخليك) مُؤَلِّدًا تَبَارًا كَهْرَبَائِيًّا. وَتُجَبِّدُ شِدَّةُ التَّبَارِ كَمِيَّةَ الكُحُولِ المَوجُودَةِ في نَفْسِ السَّافِقِ.



### النَّفْسُ وَالتَّخْلِيْقُ الضَّوْئِي

النَّفْسُ وَالتَّخْلِيْقُ الضَّوْئِي: تَفاعُلَانِ

حَيَوِيَّانٌ وَهُمَا تَفاعُلَانِ تَحْتَرِزُ اللَّيْثَانَتِ ثَانِي أكْسِيدَ الكَرْبُونِ الَّذِي نَزَقُوا لِيَكُونُوا الأَعْيَادُ وَالأكْسِجِين. لِأَجْسَامِنَا، وَالبَيَّاتَاتِ نَقُومُ بِالتَّخْلِيْقِ الضَّوْئِيِّ الَّذِي بِوَاسِطَتِهِ تَحْتَرِزُ ثَانِي أكْسِيدَ الكَرْبُونِ مِنَ الهَوَاءِ لِنَكُونُ مَوَادَّ سَخَرِيَّةً وَنُتُوجًا.



### البَارُود

مَشْهُوقُ البَارُودِ مَزِيجٌ مُتَّجَرٌّ مِنْ نِثْرَاتِ البُوناسِيُومِ (٧٥٪) وَالكَيرِيَتِ (١٠٪) وَالكَرْبُونِ (١٥٪). وَلَا يُعرَفُ عَلَى وَجْهِ الدَقَّةِ مَنْ اخْتَرَعَ البَارُودَ وَلَا مَتَى، وَلَكِنَّ الثَّابِتَ أَنَّ الصِّينِيِّينَ اسْتخدَمُوهُ قَبْلَ القَرْنِ السَّامِعِ ق.م. وأخذَه العَرَبُ عَنْهُمْ وَنَقَلُوهُ إلى أوروپَا. إِنَّ اِسْتِيعَالَ البَارُودِ هو تَفاعُلٌ أكْسِدِيٌّ تَجرِيٌّ، لَكِنْ، بِخِلَافِ المَوَادِّ الأُخْرَى الَّتِي تَحْتَرِقُ بِأكْسِجِينِ الهَوَاءِ، فَإِنَّ البَارُودَ بِسَبَبِ أكْسِجِينِ احْتِراقِهِ مِنَ نِثْرَاتِ البُوناسِيُومِ - الَّذِي تَدُلُّ صِيغَتُهُ عَلَى بُونِ أَمٍ عَلَى وَقُودِهِ مِحتَوَاهُ الأكْسِجِينِ.



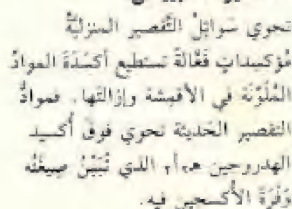
### الاِسْتِيعَالُ

في المَحَرِّكِ الدَاخِلِيِّ الاِسْتِيعَالُ، يَحْتَرِقُ البَنْزِينُ مُقَلِّدًا الطَّاقَةَ اللَّازِمَةَ لِتَحْرِيكِ السَّيَّارَةِ. وَكُلُّ تَفاعُلَاتِ الاِسْتِيعَالِ، فَإِنَّ احْتِراقَ البَنْزِينِ هو أيضًا تَفاعُلٌ أكْسِدِيٌّ، وَهَذَا التَّفاعُلُ يُطَلِّقُ الطَّاقَةَ.



### التَّقْصِيرُ (التَّبْيِيضُ)

تَحْرِي سَرَابِلِ التَّقْصِيرِ السَّرَابِلَةِ مُوَكِّدَاتٍ فَعَّالَةٍ تَسْتَطِيعُ أكْسِدَةَ المَوَادِّ المُؤَلِّقَةِ في الأَقْبِشَةِ وإزَالَتِهَا. فَمَوَادُّ التَّقْصِيرِ الخَدِيدِيَّةِ تَحْرِي فَوْقَ أكْسِيدِ الهيدروجين هَامٍ الَّذِي تُنْبِتُ صِيغَتُهُ وَقُودَ الأكْسِجِينِ فِيهِ.



لَمزيد من المعلومات انظر
البَيَّةُ الدَّرَجَةُ ص ٢٤
الأكْسِجِين ص ٤٤
الهيدروجين ص ٤٧
التَفاعُلَاتُ الكِيَمَوِيَّةُ ص ٥٢
كِيَمَاءُ الهَوَاءِ ص ٧٤
المَصْرُوكَاتُ ص ١٤٣
التَّخْلِيْقُ الضَّوْئِي ص ٣٤٠
النَّفْسُ الخَلُوقِي ص ٣٤٦
حَقَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ١٠٤



## سلسلة التفاعلية

البوتاسيوم فلزٌ رخوٌ أبيض فضي شديد التفاعلية لا يتواجد في الطبيعة إلا مُتحدًا مع غيره من العناصر. في المقابل فإن الفضة فلزٌ غير فعالٍ كيميائيًا بحيث يمكن استخدامه بأمان في صناعة أدوات المائدة. وإذا قارنًا شدة الفاعلية للفلزات الكيميائية، يمكننا وضعها في جدولٍ تراتبيٍّ يُسمى سلسلة التفاعلية. فالفلزات في أعلى هذه السلسلة هي الأشد فاعليةً، وتلك التي في أسفلها هي الأقل فاعليةً. وتساعدنا هذه السلسلة في توقُّع ما سيحدث عند تفاعل الفلزات المختلفة بعضها مع بعض. فإذا تتنافس البوتاسيوم والفضة، مثلاً، على التفاعل مع الكلور، فالغلبة للبوتاسيوم والناتج كلوريد البوتاسيوم. وهكذا فالفلزُّ الأعلى في سلسلة التفاعلية له الغلبة على ما دونه من فلزات في أي تفاعل كيميائي.



## الذهب عديم التفاعلية

يكشف علماء الآثار من حين لآخر أشياء ذهنية كالخيل والأقنعة واللاوت في هذه الأبنية أنها غالبًا ما تحفظ بروتها كأنها ضُيعت حديثًا - رغم أنها قد طُويت تحت التراب آلاف السنين. فالذهب، بخلاف غيره من الفلزات التي كانت تتأكسد وتكلى، عديم التفاعلية. لذا تجد الذهب في أسفل سلسلة التفاعلية.

إذا أزيلت طبقة أكسيد الألومنيوم الواقية عن سطحه، يتفاعل الألومنيوم المُعَرَّض بشدَّة مع الهواء.



## الألومنيوم

الألومنيوم فلزٌ غريب، قَرَّعٌ موقعه العالي في سلسلة التفاعلية، يُستخدم أوالي الألومنيوم في المطبخ بكثرة، وتعليل ذلك أن الألومنيوم يتفاعل مع أكسجين الهواء مُشكِّلًا طبقة واقية عديمة الفاعلية من أكسيد الألومنيوم. أما إذا أزيلت تلك الطبقة بنحت رقيقة ألومنيوم مثلاً، بمادة كيميائية مثل كلوريد الزئبق، فالألومنيوم المُعَرَّض حينئذٍ شديد التفاعلية.

## الفلقة

يمكن وقاية الأشياء المصنوعة من الفولاذ (الذي هو حديدٌ في شعثه) من التآكل بالصدأ بتغطيتها بطبقة من فلزٍّ أكثر منه فاعليةً، كالحارصين، وهذه الطريقة تُعرف بالفلقة. إنه حتى لو حدثت طبقة الحارصين الواقية، فأكسجين الهواء سيتفاعل مع الحارصين وليس مع الحديد. وتُدعى هذه الوقاية أحيانًا الوقاية الإقديائية لأن الحارصين يُضخى به لوقاية الحديد.

## موقع الصوديوم

عالي في سلسلة التفاعلية، إذا فهو يُشكِّل شركاتٍ عسكرة جدًّا، فاستخراج فلز الصوديوم يُلجأ إلى كهرة كلوريد الصوديوم المُنصهر، وهي طريقة شديدة المفعول لكن باهظة التكلفة.

## يقع النحاس في القسم السفلي

من سلسلة التفاعلية لذا يتخلَّل طاقة أقل لاستخراجه. فيمكن الحصول على النحاس بإجماء خاماته فقط.

## يقع الذهب في أسفل

سلسلة التفاعلية وهو عديم الفاعلية، لذا يُوجد في الطبيعة نقيًا.

## تفاعل فلز الفضة

## الإزاحة

إذا أسقطت قطعة نحاس في محلول نترات الفضة، فالفلزَّان (النحاس والفضة) سيتنافسان على أيونات النترات. وحيث إن النحاس أعلى من الفضة في سلسلة التفاعلية، فمقدوره «إزاحة» أيونات النترات من الفضة، والنتيجة تكون محلول أزرق من نترات النحاس وتُشكِّل إبر من فلز الفضة فيه. ويُدعى هذا تفاعل إزاحة، إذ أزاح النحاس الفضة من المحلول.



محلول نترات الفضة يتكوَّن محلول نترات النحاس الأزرق

## تاريخ الفلزات

استخدام الفلزات جاء متأخرًا في التاريخ. فالإنسان القديم استخدم العظام والحجارة والخشب لأدواته. الفلزات المتواجدة حرة في الطبيعة كالنحاس والفضة والذهب (والواقعة في أسفل سلسلة التفاعلية) تم اكتشافها بسهولة، وكانت أولى الفلزات التي استخدمها الإنسان. وبحوالي سنة ٢٠٠٠ ق.م. تمكن الإنسان القديم من استخراج الحديد، الأكثر فاعليةً، من خاماته بالحرارة؛ وبذلك بدأ عصر الحديد. أما الألومنيوم فهو فلزٌ متوافرٌ في القشرة الأرضية لكنه شديد التفاعلية؛ فلم يتم استخراجه عمليًا إلا في القرن التاسع عشر.



بلقاء حديد من عصر الحديد.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الفلزات القلوية ص ٣٤
- الفلزات الانتقالية ص ٣٦
- المعادن ص ٦٠
- الكهنة (التحليل بالكهرباء) ص ٦٧
- الحديد والفولاذ ص ٨٤
- النحاس ص ٨٦
- الألومنيوم ص ٨٧
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٤



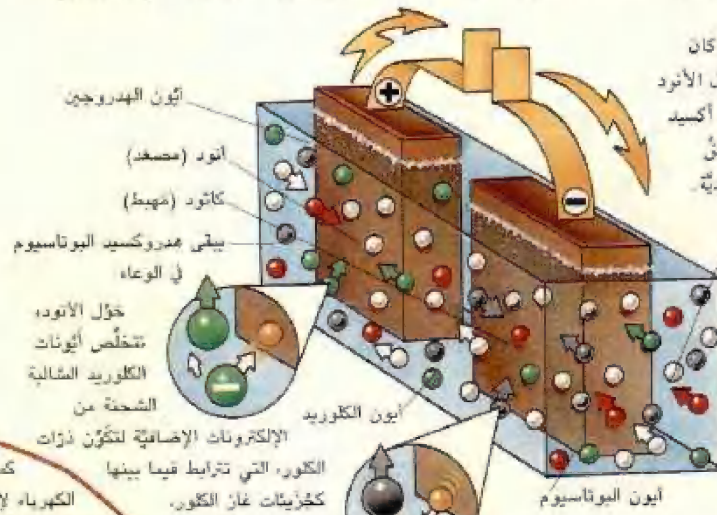
# الكهرلة (التحليل بالكهرباء)

الكهرلة (التحليل بالكهرباء) هي عملية تحليل مركب ما إلى أجزائه بالكهرباء، ولإنجاح هذه العملية يجب أن يكون المركب موصلاً للكهرباء - إما مَصهوراً أو محلولاً - وأن يحوي أيونات طليقة الحركة ذات شحنات كهربائية. ويوضع مسريان فلزيان، أو كربونيتان، يُعرفان بالإلكترودين، في المادة المراد كهرلها، وتُدعى الكهرل (الإلكتروليت). عند وصل الإلكترودين بالبطارية تسري الكهرباء عبر السائل، فتتحرك أيونات المركب الموجبة الشحنة نحو الإلكترود السالب (المهبط أو الكاثود)، وتتحرك الأيونات السالبة الشحنة نحو الإلكترود الموجب (المصعد أو الأنود). وهكذا يتحلل المركب إلى جزئين.



## التقنية بالكهرلة

نُستخدم الكهرلة (التحليل بالكهرباء) في تقنية النحاس المشوب، وتُعرف هذه الطريقة بالتقنية الكهرلية. يُخفّل الأنود من النحاس المشوب، والكاثود (المهبط) صفيحة من النحاس النقي في كهرل من محلول كبريتات النحاس. عند إمرار الكهرباء في المحلول، ينتقل النحاس النقي من النحاس المشوب إلى صفيحة النحاس النقي. وترسب الشوائب في القاع.



## الأيونات المتحركة

عند إمرار الكهرباء في محلول كلوريد البوتاسيوم (يُؤكل) في الماء (هـ أ)، يتحلل لا كلوريد البوتاسيوم فقط بل الماء أيضاً. وذلك لأن كلا أيونات البوتاسيوم وأيونات الهيدروجين، وكلاهما مُرجية الشحنة، تتجه نحو الكاثود. وبما أن

البوتاسيوم الشديد التفاعلية 'أفضل' البقاء في الحالة الأيونية، فإنه يبقى في المحلول ويتبعث غاز الهيدروجين فقط. أما أيونات الكلوريد والهيدروكسيد، وكلاهما سالبة الشحنة، فتتجه إلى الأنود، حيث يتبعث غاز الكلور فقط. فيما تبقى أيونات الهيدروكسيد في المحلول.

## الطلاء بالكهرباء

لطلاء جسم ما، كصفيحة مثلاً، بطبقة فلزية رقيقة كهربائياً، يُخفّل هذا الجسم كاثوداً، والأنود قطعة نقيّة من فلز الطلاء كالنحاس، فيما يحوي الكهرل مركباً من هذا الفلز (ككبريتات النحاس، مثلاً). عند إمرار التيار الكهربائي، تتحرك أيونات الفلز غير المحلول وترسب على الصفيحة فتلط. وبالمطابقة نفسها تُصنع عُلب النّك يطلاء. صفائح الفولاذ بالقصدير كهربائياً.

## الماء

عند إمرار الكهرباء في الماء (هـ أ)، يتكوّن غاز الهيدروجين حول الكاثود وغاز الأكسجين حول الأنود. وحيث إن الماء يحوي ذرتين من الهيدروجين لكل ذرة واحدة من الأكسجين، فإن حجم الهيدروجين الناتج يكون ضعف حجم الأكسجين.



## همفري ديفي

اشتهر همفري ديفي (١٧٧٨-١٨٢٩)، الكيميائي الإنكليزي، باختراعه مصباح الأمان للمعدنين الذي يحمل اسمه، لكنه كان أيضاً من أوائل مستخدميه التحليل بالكهرباء. فقد اكتشف الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم وعدداً آخر من الفلزات بواسطة فصلها عن مركباتها بالكهرلة. وفي عام ١٨١٣، عُيّن ديفي مُساعداً له اسمه مايكل فارادي فتابع هذا أعمال ديفي وأصبح من مشاهير العلماء فيما بعد.



## لمزيد من المعلومات انظر

- الترابطة الكيميائية ص ٢٨
- المحاليل ص ٦٠
- سلسلة التفاعلية ص ٦٦
- النحاس ص ٨٦
- الخلايا والبطاريات ص ١٥٠
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٤



# الحَوَامِضُ (الحموض)

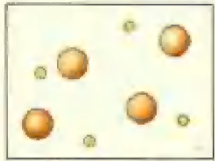
لقياس قُوَّة الحوامض والقلويات نستخدمُ العِلْمَاءُ سُلَّم الأُس الهيدروجيني (H<sup>+</sup>) الذي شذاه من ١ إلى ١٤. وكلما ازدادت أيونات الهيدروجين في المحلول زُدادَ قُوَّتُهُ الحامضية، وينخفض أسُّهُ الهيدروجيني (H<sup>+</sup>)، الذي هو لِكُل الحوامض أقل من ٧.

٧ (متعادِل)

طَلْعُ اللَّيْمُونِ حَدِيثٌ لَّأَنَّهُ يَحْوِي حَامِضَ اللَّيْمُونِ أَوْ حَمِضَ السَّرِيكِ، والحوامضُ واسعةُ الانتِشارِ جدًّا، فَمِنْهَا مَا يُوجَدُ فِي الثَّمَلِ (حامض التَّمَلِيكِ) وفي العِنَبِ (حامض الطُّرُطِير) وفي المَشْرُوبَاتِ الأَرَّةِ (حامض الكَرْبُونِيكِ) وفي بَطَّارِيَّاتِ السَّيَّارَاتِ (حامض الكَبْرِيْتِيكِ) وَحَتَّى فِي بَعْدِنَا (حامض الهَيْدْرُوكُلُورِيكِ). أَمَّا الحَوَامِضُ القَوِيَّةُ، كحامِضِي الكَبْرِيْتِيكِ وَالتَّمَلِيكِ، فَهِيَ حُمُوضٌ خَطِرَةٌ لِأَنَّهَا تُحْرِقُ الثِّيَابَ وَالْجِلْدَ، وَنَجِبُ الْحَدَرِ مِنْهَا عِنْدَ اسْتِعْمَالِهَا فِي المُخْتَبِرَاتِ. لَكِنَّ بَعْضَ الحَوَامِضِ الضَّعِيفَةِ، كالحُمُوضِ المُتَوَاجِدَةِ فِي الفَاكِهَةِ، يَصْلُحُ لِلأَكْلِ أَوْ مُطَبَّخًا لِلطَّعَامِ. وَالْحُمُوضُ كُلُّهَا تَحْوِي الهَيْدْرُوجِينَ، وَتَذُوبُ فِي المَاءِ مُكَوَّنَةً أَيُْونَاتِ الهَيْدْرُوجِينَ المَوْجِبَةِ الشَّحْنَةِ. وَهَذِهِ الأَيُْونَاتُ هِيَ المَسْؤُولَةُ عَنِ خُصَائِصِ الحَوَامِضِ المُمَيَّزَةِ. كَمَا إِنَّ عَدَدَ أَيُْونَاتِ الهَيْدْرُوجِينَ الَّتِي يَكُونُهَا الحَمِضُ فِي المَاءِ هُوَ مِقْيَاسٌ لِقُوَّتِهِ، يُعْرَفُ بِالأُسِّ الهَيْدْرُوجِينِيِّ (H<sup>+</sup>).

حوامض  
ضعيفة (H<sup>+</sup> عالي)  
تحتوي الحمضيات كالليمون  
والبرتقال حامض الليمون. وهو  
حامض ضعيف، أسُّهُ الهيدروجيني  
(H<sup>+</sup>) عالي نوعًا، لكنَّهُ دُونَ ٧.

أيون هيدروجين  
شوجب  
أيون سالب



حامض قوِي مُخَفَّف



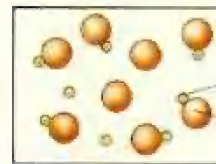
حامض قوِي مُرَكَّز

## الحُمُوضُ القَوِيَّةُ

بَعْضُ الحَوَامِضِ، كحامِضِي التَّمَلِيكِ وَالكَبْرِيْتِيكِ، هِيَ حُمُوضٌ قَوِيَّةٌ لِأَنَّ جُزْئِيَّاتَهَا تَنْفَلِكُ (تَفْطُلُ) بِالكَامِلِ إِلَى أَيُْونَاتِ هَيْدْرُوجِينَ وَأَيُْونَاتٍ أُخَرَ، وَتَبِينُ قُوَّةَ الحَامِضِ كَمِ مِنْ أَيُْونَاتِ الهَيْدْرُوجِينَ المُتَحَلِّلَةِ هَذِهِ تَوَاجَدُ فِي المَحْلُولِ. يُمْكِنُ تَخْفِيفُ الحُمُوضِ القَوِيَّةِ بِالمَاءِ فَتَقُلُّ نِسْبَةُ تَرَكِيزِ أَيُْونَاتِ الهَيْدْرُوجِينَ فِي المَحْلُولِ، وَتَنْخَفِضُ حَمَاقِيَّتُهُ (قِيَمَةُ أُسِّهِ الهَيْدْرُوجِينِيِّ H<sup>+</sup>).



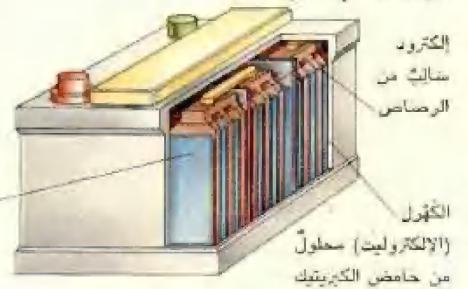
حامض ضَعِيفٌ مُخَفَّفٌ



حامض ضَعِيفٌ مُرَكَّزٌ

## حُمُوضٌ قَوِيَّةٌ (H<sup>+</sup> خَفِيفٌ)

الحُمُوضُ المُسْتَحْدَمَةُ فِي المَخْتَبِرِ، كحامِضِ الكَبْرِيْتِيكِ، حَوَامِضٌ قَوِيَّةٌ ذَاتُ أُسِّ هَيْدْرُوجِينِيِّ (H<sup>+</sup>) خَفِيفٍ. وَحَمِضُ الهَيْدْرُوكُلُورِيكِ فِي بَعْدِنَا هُوَ حَامِضٌ قَوِيٌّ يُسَاعِدُ فِي هَضْمِ الطَّعَامِ.



## حامِضُ التَّمَلِيكِ

حامِضُ الجِيْنَانُوتِيكِ أَوْ حَامِضُ التَّمَلِيكِ، يُنْتَجَةُ التَّمَلِ القَارِصِ وَنَبَاتِ القُرَيْصِ طَبِيعًا. قَدِيمًا، كَانَ حَامِضُ التَّمَلِيكِ يُحَضَّرُ بِإِعْلَاقِ التَّمَلِ فِي قِدْرٍ كَبِيرَةٍ أَمَّا الْيَوْمَ، فَيُمْكِنُ تَحْضِيرُهُ مِنْ كِيمَاوِيَّاتٍ أُخَرَ، وَنُشْتَدَمُ هَذَا الحَامِضَ لِحِفْظِ العَلَفِ الأخضرِ فِي أَهْرَانِهِ وَفِي صِنَاعَةِ الوَرَقِ وَالتَّيْجِجِ.

إلكترون  
شوجب من  
أكسيد  
الرصاص



## الماء الحَامِضِي

تَنْتَلِزُ الثَّحِيرَاتُ وَالْأَنْهَارُ بِالأَمْطَارِ الحَامِضَةِ، فَزِدَادُ حَمَاقِيَّةِ المَاءِ أَيْ يَنْخَفِضُ أُسُّهُ الهَيْدْرُوجِينِيِّ (H<sup>+</sup>) وَتَصْبَحُ صَارَةً بِالأَسْمَاقِ وَالْأَحْيَاءِ المَائِيَّةِ عُمُومًا. بَعْضُ الْحَيَوَانَاتِ أَكْثَرُ حَسَاسِيَّةً لِتَغْيِرَاتِ الأُسِّ الهَيْدْرُوجِينِيِّ H<sup>+</sup> مِنْ سَوَاهَا. فَالْمَخَارِ، مَثَلًا، لَا يَسْتَطِيعُ العِيشُ فِي مِيَاءٍ أُسُّهُ الهَيْدْرُوجِينِيِّ دُونَ ٦، فِي حِينِ أَنَّ ضَفَادِعَ الجَرَّاحِ تَسْتَطِيعُ العِيشَ فِي مِيَاءٍ أُسُّهُ الهَيْدْرُوجِينِيِّ يَنْخَفِضُ إِلَى ٤.



يَمُوتُ الضَفَدَعُ إِذَا هِيطَ H<sup>+</sup> المَاءِ دُونَ ٤.  
يَمُوتُ سَمَكُ التَّرَوْتُ إِذَا هِيطَ H<sup>+</sup> المَاءِ دُونَ ٤.٥.  
يَمُوتُ السَّفْعَدَلُ إِذَا هِيطَ H<sup>+</sup> المَاءِ دُونَ ٥.  
يَمُوتُ المَخَارِ إِذَا هِيطَ H<sup>+</sup> المَاءِ دُونَ ٦.

## الْمِرْكَمُ الحَمَاقِي الرُّصَاصِي

الْحَوَامِضُ القَوِيَّةُ إِلِكْتُرُولِيَّتَاتُ (كَهَارِلُ أَوْ سَوَائِلُ مُوَصِّلَةٌ لِلْكَهْرِبَاءِ) جَيِّدَةٌ - وَذَلِكَ لِأَنَّهَا تَفْطُلُ فِي المَاءِ بِالكَامِلِ إِلَى أَيُْونَاتِ هَيْدْرُوجِينَ مُوجِبَةٍ وَأَيُْونَاتٍ أُخَرَ سَالِبَةٍ. وَهَذِهِ الأَيُْونَاتُ ذَاتُ الشَّحْنَاتِ الكَهْرِبَائِيَّةِ يُمْكِنُهَا نَقْلُ التَّيَّارِ الكَهْرِبَائِيِّ فِي المَرَائِمِ الحَمَاقِيَّةِ الرُّصَاصِيَّةِ المُسْتَحْدَمَةِ فِي السَّيَّارَاتِ يُسْتَعْمَلُ حَامِضُ الكَبْرِيْتِيكِ كإِلِكْتُرُولِيْتِ، وَتَعْمَلُ الصَّفَاحُ الرُّصَاصِيَّةُ كإِلِكْتُرُودَاتٍ. هَذِهِ المَرَائِمُ (أَوْ البَطَّارِيَّاتُ) تَنْتِجُ الطَّاقَةَ لِتَدْوِ تَشْغِيلِ مُحَرِّكِ السَّيَّارَةِ.



## اصفرار أوراق الكتب

أوراق الكتب الجديدة ناعمة البياض، بينما تحول أوراق الكتب العتيقة إلى الصفرة. السبب هو أن الورق يحتوي كميات ضئيلة من الحامض، وهذه على مدى السنين تتفاعل ببطء شديد مع ألياف السيلولوز فتعطيها، ويحول لون الورق من البياض إلى الصفرة. إن ضوء الشمس يسرع هذا التفاعل، وقد يعمل لون الورق إلى البني ويصبح فضفاضا سريع التفتت.

## الحامض مع الكربونات

إذا أضفت خلًا (حامض الخليك) إلى كمية من بيكربونات الصودا في قارورة ذات مبدأ فيليني، يحصل على الفور تفاعل أو ينفج فيه الحامض البيكربونات وينطلق غاز ثاني أكسيد الكربون. ويتزايد كمية الغاز المنجبع في القارورة يرتفع ضغطه فينفج بالشداد الفيليني بقوة وقرعة. إن تفاعل الحوامض مع الكربونات (وانطلاق ثاني أكسيد الكربون) هو من خواص الحوامض المميزة. ويستفاد من هذا التفاعل في المطبخ. فمسحوق الخبز هو مزيج من زبدة الطرطير (ملح مؤلف لحامض الطرطير) وبيكربونات الصودا. وهذان في الماء ينتجان ثاني أكسيد الكربون الذي ينفج المعجنات.

## التخليل

الحوامض مهيكلت للكائنات الحية، لذا يمكن استخلاصها. حواظ قاتلة للبكتريا. فتحت تحفظ العديد من المأكولات كالصل والشمندر واللفت وغيرها في الخل (حامض الخليك)، ويعرف هذا بالتخليل.

فالحامض يقتله كافة الكائنات الحية المجهرية في محلول التخليل يحفظ الأطعمة من الفساد. وقد استُخدم التخليل على نطاقات أوسع قبل اختراع أجهزة التبريد.



ينطلق الشدأ الفيليني من القارورة مدفوعا بغاز ثاني أكسيد الكربون الناتج من تفاعل الخل مع بيكربونات الصودا.



ملح خللات الصوديوم يبقى في القارورة

## الرَّمزُ التحذيري

الحوامض تبدو غالباً عديمة اللون كالماء، لكنها أقالمة تُسبب حروقاً مبرحة. لذا تحجب الأوعية المستعملة في نقل الحموض زجاجاً يُعرف بها ويحذر من خطورتها. وهكذا يتعرف فريق المطافئ طبيعة الحامض وسبيل التعامل مع ما يرافق منه.



## الحوامض في المظفر

ماء المظفر كان دوماً قليل الحمضية، لأن ثاني أكسيد الكربون في الهواء يذوب فيه مكوناً حامض الكربونيك. غير أن حمضية المظفر ازدادت كثيراً منذ أصبح معظم العالم مُصنَّعاً. فاحتراق الوقود الأحفوري كاللحم يُطلق ثاني أكسيد الكبريت وأكاسيد النتروجين في الهواء، وهذه تتفاعل مع الماء في السحب مكونة حامض الكربونيك وحامض الكبريت. والمظفر الحمضي يهدهد الكثير من المباني، بخاصة الشدأ منها بالحجارة الجيرية التي تتألف من كربونات الكالسيوم. وهذه تتفكك بالحوامض بسهولة لتنتج ثاني أكسيد الكربون.



## فعل الحامض في الورق

حامض الكبريتيك المركز خُمض أكال جداً، وهو عامل إنكسار شديد الفاعلية يترفع الماء حتى من المركبات التي تحويه فالورق يتألف من السيلولوز، المادة البانية المرئية من الكربون والهيدروجين والأكسجين. فعندما يتفاعل حامض الكبريتيك مع الورق، يترفع منه الماء (أي الهيدروجين والأكسجين)، تاركاً الكربون الأسود. وهكذا يبدو الورق كألّه حرق.

ينطلق غاز الهيدروجين شديداً بغضب.

أضيف الخل إلى بيكربونات الصودا



## فعل الحامض في الفلزات

لا أحد يخرن الخل في وعاء فلزي، لأن الخل يتفاعل حينئذ مع الوعاء ببطء مُصدرًا نشيخاً من غاز الهيدروجين. فالهيدروجين الذي هو من مكونات الحوامض جميعها يُطرَد منها عند التقاء حامض مع فلز لا يمتد. فعندما يُصب حامض الهيدروكلوريك، مثلاً، على الخارصين (كما أعلاه)، تترقق فقائغ الهيدروجين مطلقاً نشيخاً بيّناً، لأن الخارصين يجعل محلّ الهيدروجين في الحامض مكوناً كلوريد الخارصين.

## إكتشافات الحوامض

القرن الحادي عشر. تعرّف الكيميائيون العرب طرق تحضير حموض الكبريتيك والترك والهدروكلوريك. ١٦٧٥ إرتأى الكيميائي الإبولندي، روبرت بويل، خطأ أن الحوامض تحوي جسيمات حادة تندس في فجوات الفلزات وتفسدّها. ١٨٥٤ نُشِر كتابات الكيميائي الفرنسي أوغست لورنت، معرفه أن الحوامض كلّها تحوي الهيدروجين. ١٨٨٧ الكيميائي السويدي، سفانتي أرينيوس، يقول بأن جميع الحوامض تحوي أيونات الهيدروجين، وهذه الأيونات هي التي تُكسب الحوامض خصائصها المميزة.

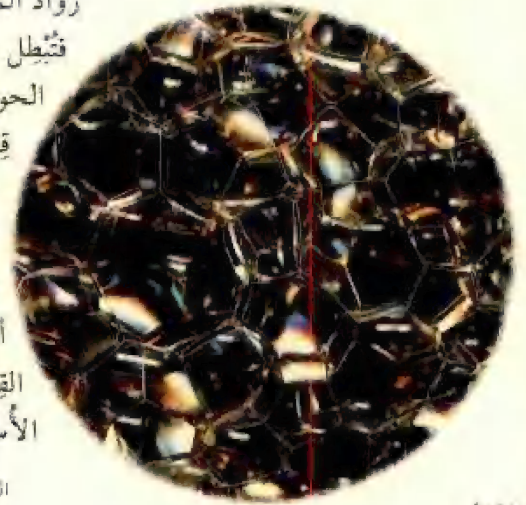
## لزيد من المعلومات انظر

- الترايف الكيمائي ص ٢٨
- الهيدروجين ص ٤٧
- المحاليل ص ٦٠
- الفلزيات والفواقد ص ٧٠
- قياس الحمضية ص ٧٢
- الأملاح ص ٧٣
- حامض الكبريتيك ص ٨٩
- الخلايا والبطاريات ص ١٥٠



# القلويات والقواعد

رُؤَادُ المُرُوجِ عندما تَلَسَّعُهُم نَبْتَةُ القُرَيْصِ، يُسْرِعُونَ إلى مَسَحِ اللِّسْعَةِ بِعُشْبَةِ العِرْقِ المُسَهِّلِ، فَتَبْطُلُ بِمَا فِيهَا مِنْ قَاعِدَةٍ طَبِيعِيَّةٍ مَفْعُولِ الحَامِضِ فِي لَسْعَةِ القُرَيْصِ. فَالْقَوَاعِدُ تَبْطُلُ مَفْعُولُ الحَوَامِضِ، لِأَنَّ القَاعِدِيَّةَ تَعَادِلُ الحُمُوضَةَ كِيمَاوِيًّا. والقواعد الذَّوَابَةُ فِي المَاءِ تُسَمَّى قَلَوِيَّاتٍ، وَكِلَا النوعين (القواعدُ والقَلَوِيَّاتُ) مُتَوَاجِدٌ حَوْلِنَا فِي مُنْتَظَفَاتِ الأَفْرَانِ وَمَوَادِّ التَّلْمِيعِ وَمَسَاحِيقِ التَّخْمِيرِ وَأَقْرَاصِ عُشْرِ الهَضْمِ وَفِي اللَّعَابِ وَالتَّطْبَاشِيرِ. بَعْضُ القَلَوِيَّاتِ كَالِوَخْطَرِ جَدًّا، كَمَا الحَوَامِضُ، يُسَبِّبُ تَرَشَّاشَهُ عَلَى الجِلْدِ حُرُوقًا شَدِيدَةً. والقَلَوِيَّاتُ تَكُونُ فِي المَاءِ أيُونَاتِ الهيدروكسيد (أه-)، الَّتِي تَتَفَاعَلُ مَعَ أيُونَاتِ الهيدروجين (ه+) فِي الحَوَامِضِ فَتَبْطُلُ (أَوْ تُعَادِلُ) حَمَاضِيَّتَهَا. وَتُقَاسُ قُوَّةُ القَلَوِيَّةِ بِعَدَدِ أيُونَاتِ الهيدروكسيد الَّتِي يُحْدِثُهَا القَلَوِيُّ فِي المَاءِ، وَتُقَاسُ هَذِهِ عَلَى سُلَّمِ الأَسْ هيدروجيني (ه-).

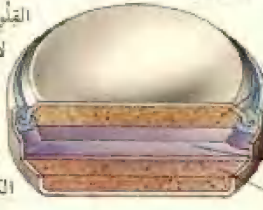


## القلويات من الرَّمَادِ

الغُرَبِيُّونَ أَهْلُوا كَلِمَةً «قَالِي» عَنِ الْعَرَبِيَّةِ بِمَعْنَى رَمَادٍ يَتَّخِذُ مِنْ بَعْضِ النَبَاتَاتِ. وَكَانَتْ القَلَوِيَّاتُ تُصَنِّعُ فِيهَا مَضَى بِحُرْقِ الخُطْبِ والنَبَاتَاتِ الأُخْرَى - فَتَحْتَضِرُ كَرَبُونَاتِ الصُودِيومِ مِنْ حُرْقِ النَبَاتَاتِ التَّحْرِثَةِ، وَكَبَرُونَاتِ البُوتَاسِيومِ مِثْلُ هَذَا النُّوعِ مِنْ حُرْقِ النَبَاتَاتِ التَّحْرِثَةِ. أَمَّا الْيَوْمَ فَتُصَنِّعُ القَلَوِيَّاتُ بِالتَّكْهِيلَةِ (التَّحْلِيلِ بِالكَهْرِبَاءِ) فِي السَّاعَاتِ وَالْحَاسِبَاتِ الإِلِكْتَرُونِيَّةِ.

## المُوصَلَاتُ القَلَوِيَّةُ

القَلَوِيَّاتُ مُوصَلَاتٌ جَيِّدَةٌ لِلْكَهْرِبَاءِ لِأَنَّهَا تَفْضُكُ فِي المَاءِ لَتَكُونُ الأَيُونَاتِ، وَتُستَخدَمُ القَلَوِيَّةُ القَوِيَّةُ هيدروكسيدُ البُوتَاسِيومِ فِي التَّطَارِثَةِ القَلَوِيَّةِ لِتُوصِّلَ الكَهْرِبَاءَ بَيْنَ الإِلِكْتَرُونِيَّةِ.



إِلِكْتَرُونٌ سَالَتْ مِنْ الْخَارِصِينَ إِلِكْتَرُولِيَّةٌ مِنْ هيدروكسيدِ البُوتَاسِيومِ إِلِكْتَرُونٌ مُوجِبٌ مِنْ أكسيدِ الزنِّيقِ



## الرَّيْزُ التَّحْذِيرِي

مَحَالِلُ القَلَوِيَّاتِ المُرَكَّزَةِ أَكْثَاةً يُمَكِّنُ أَنْ تُسَبِّبَ حُرُوقًا مُبْرِحَةً. لِذَا نَحْمِلُ الأَوْعِيَةَ المُسْتَخْدَمَةَ فِي تَخْزِينِ القَلَوِيَّاتِ أَوْ نَقْلِهَا عَلَامَةً تُحَذِّرُ مِنْ خَطَرِهَا.



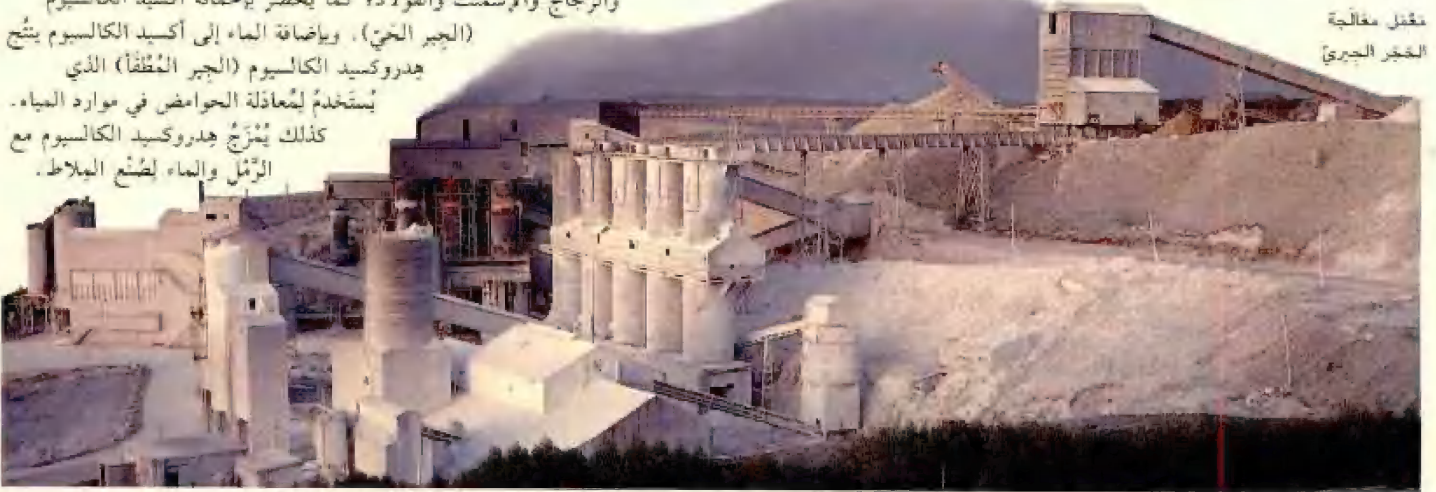
## القَلَوِيَّاتُ فِي الفَضَاءِ

اِسْتِخْدَامُ رُؤَادِ الفَضَاءِ فِي مَعَاتِ أَيْوُنُو الفَضَائِيَّةِ قَلِيًّا هُوَ هيدروكسيدُ اللَّيْثِيومِ لِمُعَادَلَةِ مُسْتَوِيَّاتِ نَائِي أكسيدِ الكَرْبُونِ الْخَطِرَةِ الَّتِي كَانُوا يُؤْفِرُونَهَا، وَتُستَخدَمُ هَذَا النُّوعُ مِنَ التَّعَادُلِ أَيْضًا لِإِزَالَةِ نَائِي أكسيدِ الكَرْبُونِ فِي الْمَبَانِي الْمَكْنِيَّةِ.

مَقْفَلُ مَخَالِجَةِ الْخَبْرِ الْجَبْرِي

## كَبَرُونَاتُ الكَالْسِيومِ

الأَضْدَافُ الْبَحْرِيَّةُ وَالْمَرْجَانُ وَالتَّطْبَاشِيرُ وَالْحَجَرُ الْجَبْرِي (الكَلْسِي) وَالرَّحَامُ كُلُّهَا تَتَأَلَّفُ مِنْ كَبَرُونَاتِ الكَالْسِيومِ. وَهَذَا الْمَرْكَبُ بِالْفُحْ أَمْرِيَّةٌ فِي الصَّنَاعَاتِ الْكِيمَاوِيَّةِ لِتَصْنِيعِ الأَسْمَدَةِ وَالزُّجَاجِ وَالْإِسْمَنْتِ وَالْفُولَادِ كَمَا يُحَصَّرُ بِأَحْمَاقِهِ أَكْسِيدُ الكَالْسِيومِ (الجَبْرِ الخَمِي)، وَبِإِضَافَةِ المَاءِ إِلَى أَكْسِيدِ الكَالْسِيومِ يَنْتُجُ هيدروكسيدُ الكَالْسِيومِ (الجَبْرِ الْمُظْفَأُ) الَّذِي يُسْتَخْدَمُ لِمُعَادَلَةِ الحَوَامِضِ فِي مَوَارِدِ الْمِيَاءِ. كَذَلِكَ يُنَزَّجُ هيدروكسيدُ الكَالْسِيومِ مَعَ الرَّمْلِ وَالمَاءِ لِصُنْعِ الْمِيَلَاطِ.

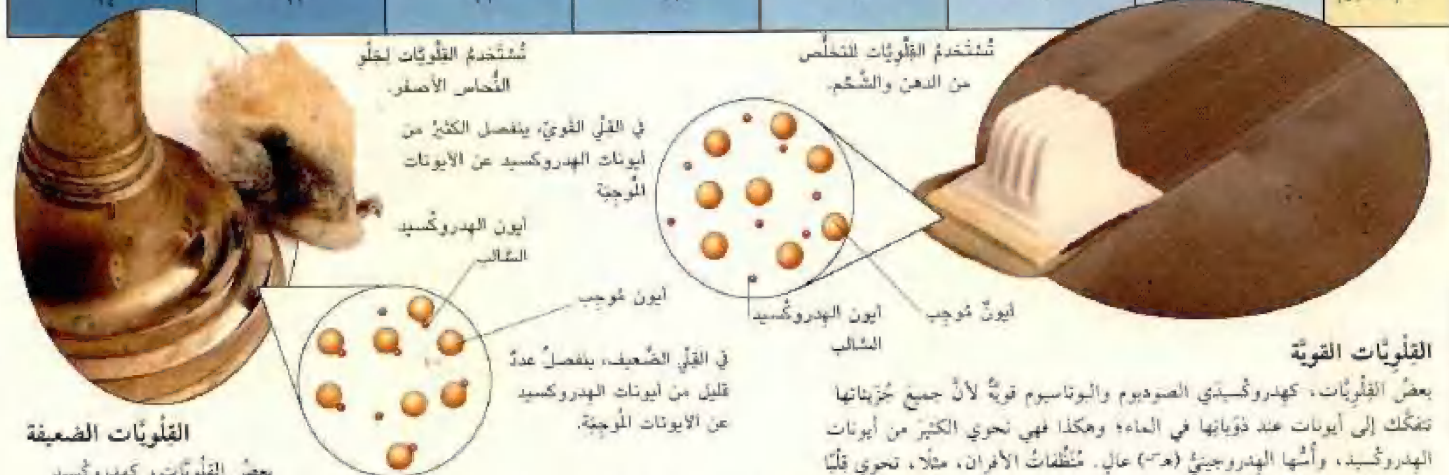




التخفيف القلوي من شلّم  
الأسل الهيدروجيني (هـ)

كلما ازداد عدد أيونات الهيدروكسيد في محلول قلوي، تزداد قوته ويرتفع  
أسه الهيدروجيني (هـ)، وهذا الأس أكثر من ٧ لجميع القلويات.

٧ (مختار)	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤
-----------	---	---	----	----	----	----	----



### القلويات القوية

بعض القلويات، كهيدروكسيد الصوديوم والبوتاسيوم قوية لأن جميع جزيئاتها  
تتفكك إلى أيونات عند ذوبانها في الماء، وهكذا فهي تحوي الكثير من أيونات  
الهيدروكسيد، وأسها الهيدروجيني (هـ) عالي. منطقات الأفران، مثلاً، تحوي قلويًا  
قويًا أقال هو هيدروكسيد الصوديوم الذي يتفاعل مع الترسبات الدهنية المحروقة  
المتكونة على جدران الفرن، خلال عملية الطبخ فيزِيلها.

لشعة الشعلة مؤلمة لأنها  
تحتوي حامضًا، ويمكن إبطال  
تفاعلها بواسطة قلوي  
كالصابون.

### إضافة الكلس إلى الحقول والبحيرات

تزداد حموضة التربة والبحيرات بالتآكل الحمضي. وهذه الحموضة الزائدة تُزيل بعض المغذيات الأساسية من  
التربة؛ لذا يلجأ المزارعون إلى مسحوق الكلس (هيدروكسيد الكالسيوم) يثريه في حقولهم. فالكلس قاعدة  
قوية يُبطل فعل الحموضة في التربة؛ كذلك تُخفف حمضية مياه  
البحيرات بإضافة الكلس إليها. إن إضافة  
الكلس تدير يُخفف الضرر الناتج عن المطر  
الحمضي في الحقول والبحيرات،  
لكنه لا يعالج مسببات  
التلوث.



مزارع يُعالج حقله بالكلس.

### التعادل

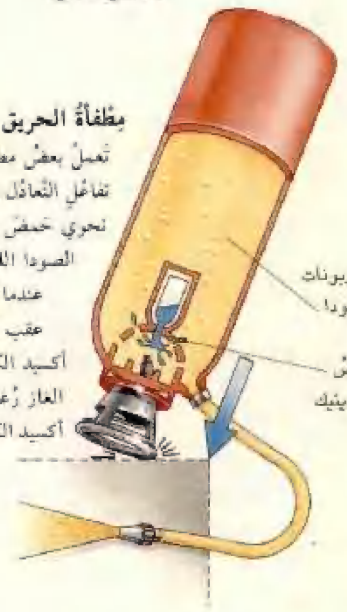
يحدث تعادل في كل مرة يتفاعل فيها حامض مع قاعدة ليكوّن الماء مع  
مركب آخر يُسمى ملحًا. ويُستفاد من هذا التفاعل في معالجة بعض  
أسعات الحيوانات والنبات، فإذا تسكت رُكفور يُمكنك إبطال فعل الشعلة  
القلوية بواسطة حامض كحمض الليمون أو الخل. أما إذا تسكت نحلة  
أو نملة، فيمكنك إبطال فعل الشعلة الحامضية بواسطة قلوي جيكرينات  
الصودا. أما تسعة الفُرس الحامضية فيمكن مُعالجتها بذلك بوزق  
عشبة العرق المُسهل القلوية.



لشعة الرُكفور مؤلمة لأنها تحوي  
قلويًا، ويمكن إبطال فعلها بواسطة  
حامض كالخل.

### مطفأة الحريق

تعمل بعض مطفآت الحريق باستخدام  
تفاعل التعادل بين حامض وقاعدة. فهي  
تحوي حمض الكبريتيك وبكربونات  
الصودا اللذين ينتجان وبخارًا  
عندما تُلقت المطفأة رأسًا على  
عقب ليُنجا الماء وغاز ثاني  
أكسيد الكربون. ويدفع ضغط  
الغاز رُعاوة سائلة وفتاتج ثاني  
أكسيد الكربون من فتحة المطفأة.



التفاعل الأتار الحامض مع  
القلوي يدفع الرُعاوة غاز  
النفث لإطفاء الحريق.

### القلويات في وبأ الطاعون

في القرن السابع عشر اجتاحت مرض الطاعون مدينة لندن في إنكلترا قتل  
قُرابة ٨٠٠٠٠ نسمة عام ١٦٦٥. وكانت الجثث تدفن في  
مقابر جماعية وتُغطى بالكلس (الجير الحي)،  
وهو قلوي قوي. لتسريع الجلائها.



### لمزيد من المعلومات أنظر

- الترايكت الكيماوي ص ٢٨
- المحاليل ص ٦٠
- الحوامض ص ٦٨
- قياس الحمضية ص ٧٢
- الأملاح ص ٧٣
- صناعة القلويات ص ٩٤



# قياس الحمضية

الملفوف الأحمر الإحاصي الفجل الشمندر

هل لاحظت التغير الخفيف في لون الشاي عند إضافة قطعة ليمون إليه؟ فالشاي في هذه الحالة يعمل ككاشف كيميائي مبيّن أن الليمون قد زاد الحمضية. وتستخدم بعض الكيمائيات الملونة بالطريقة نفسها لتمييز المحلول الحمضي من القلوي. ويدعى المقياس النسبي لحمضية المحلول أو قلوبته  $H^+$  (اختصاراً للأس أو الرقم الهيدروجيني)، وهو مُدرّج سُلّمياً من ١ إلى ١٤، تبعاً لعدد أيونات الهيدروجين في المحلول. فإذا كان  $H^+ = ١$ ، فالمحلول يحوي الكثير جداً من أيونات الهيدروجين، وهو حمض قوي. وإذا كان  $H^+ = ١٤$ ، فالمحلول يحوي القليل جداً من أيونات الهيدروجين، وهو قلوي قوي. أمّا المحاليل المتعادلة فالأس الهيدروجيني لها  $H^+ = ٧$ .



## الكواشف

هناك العديد من الكواشف التي تُبين حمضية المحلول أو قلوبته. ولعل أجدها عملياً مزيج من الأصباغ يُعرف بالكاشف

العام، يتغير لونه على مدى سُلّم الأس الهيدروجيني مُلّ من الأحمر  $H^+ = ١$  (للحامض القوي جداً) إلى الأزرق  $H^+ = ١٤$  (للقلوي القوي جداً). ويمكن استخدام الأصبغة المستخرجة من الفواكه والخضار، كالإحاصي والبصل والملفوف الأحمر، ككواشف لأن ألوانها تتغير بتغير  $H^+$ . فعصير الملفوف الأحمر، مثلاً، يتغير من الأحمر في حامض قوي، مروراً بالقرمزي فالأرجواني فالأزرق ثم الأخضر في قلوي قوي.



الفينولفثالين قرمزي غامق فوق  $H^+ ٩.٥$



الفينولفثالين عديم اللون تحت  $H^+ ٨.٥$



## خوضه التربة

الأس الهيدروجيني ( $H^+$ ) للتربة مهم للمزارعين لبعض النباتات تنمو فقط في مدى مُعيّن. فالتنسيق الكلسي ذات تربة قلوية عادة ( $H^+$  من ٧ إلى ٧.٥). أمّا المناطق الرملية والصلصالية السبخة والخبيّة فهي عادة ذات تربة حمضية ( $H^+$  من ٦.٥ إلى ٧). نبات الخلد مثلاً، يالّف التربة الحمضية، لذا نجده يغطي الأراضي البرية السبخة غالباً. زهور الأوطسية زهور الأوطسية في حمراء في التربة القلوية. التربة الحمضية زرقاء.



## الكواشف الطبيعية

بعض النباتات هي كواشف طبيعية؛ فلون زهر الأوطسية تحذّه حمضية التربة أو قلوبتها. ويصعب عيّاد الشمس كاشف معروف نحصل عليه من نبات أشنة الصياغين. لون عيّاد الشمس أحمر في الحوامض وأزرق في القلوينات.

القلويات تحوّل لؤلؤ زرق عيّاد الشمس إلى الأحمر.

يجب ملاحظة تحاليل العدسات اللاصقة والحقن كيلا يتغير الأس الهيدروجيني لسوائل الجسم.

## العوامل الدارة

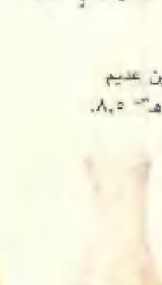
أحياناً لا تريد تغير  $H^+$  للمحلول. ففي الجسم، مثلاً، نحصل مُعظم التفاعلات ضمن مدى ضيق للأس الهيدروجيني. إن تغيراً بمقدار ٠.٥ في  $H^+$  الدم قد يؤدي إلى الموت. وللمنع ذلك يُنتج الجسم مواد دارة تعادل أيّ تغيرات حمضية أو قلووية ليقلل  $H^+$  الدم ثباتاً. والسبب فيه يجب أن تُدرّج الحُفْن الوريدية بعناية بالغة.



بريقالي المثلل أحمر تحت  $H^+ ٣$



بريقالي المثلل أصفر فوق  $H^+ ٨$



بريقالي المثلل بين  $H^+ ٨$  و  $H^+ ٣$

## الكواشف المختبرية

يستخدم العلماء غالباً كواشف مختبرية خاصة حساسة لمساعدتهم في التحديد الدقيق للكمية الأدنى من الحامض التي تضاف إلى القلوي لتعادله تماماً. ونذكر من هذه الكواشف اثنين هما بريقالي المثلل والفينولفثالين اللذان يغيران لونهما عند قيم بالغة الدقة للأس الهيدروجيني.

لمزيد من المعلومات أنظر
الترابط الكيميائي ص ٢٨
الهيدروجين ص ٤٧
التفاعلات العكوسة ص ٥٤
المحاليل ص ٦٠
التحليل الكيميائي ص ٦٢
الحوامض ص ٦٨
القلويات والقواعد ص ٧٠

## مقياس الأس الهيدروجيني

يمكن قياس الأس الهيدروجيني لمحلول ما بدقة بمقياس  $H^+$ . ونستخدم هذا الجهاز الإلكتروني لقياس تركيز أيونات الهيدروجين في المحلول. ويعرض قيم  $H^+$  للمحلول رقمياً، أو بواسطة إبرة على مقياس مُدرّج.





# الأملاح

يتألف ملح الطعام من  
أيونات الصوديوم  
(ص<sup>+</sup>) وأيونات  
الكلوريد (كل<sup>-</sup>).

مياه البحر مالحة لأن الأملاح في غالبيتها ذوابة في الماء، فتحملها الأنهار من اليابسة إلى البحر حيث يتزايد تركيزها فيه على مدى الدهور (لأن الماء المتبخر لا يحوي ملحاً).  
الأملاح كثيرة جداً ومتعددة الأنواع، وما ملح الطعام إلا واحد منها. وهي في الواقع كيماويات مفيدة واسعة الاستعمالات تشمل الأدوية والجس والبارود والطباشير وخشب الدهانات ومبيدات الحشرات والأسيد وسواها. والملح، كيماوياً، مركب من فلز (أو شق فلزي) ولا فلز (أو شق لافلزي)، مترابطين معاً برابط أيوني، يتولد من تفاعل حامض مع فلز أو قاعدة. وتشكل الأملاح بلورات جميلة في كثير من الحالات.

## الأيونات

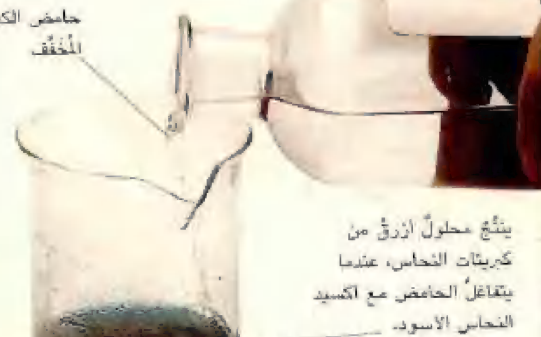
تألف الأملاح جميعها من أيونات. وهذا ما يجعلها ذوابة في الماء ويجعل محاليتها موصلة جيدة للكهرباء. والأملاح عادة ذات نقطة انصهار وغليان عاليتين لأن روابطها الأيونية قوية.

## أملاح الجسم

لغلك تذوقت طعاماً الملوحة في عرقك مرات عديدة؟ فانت كلما تمرق تقف بعض الملح من جسمك. والملح مادة حيوية لقيام الجسم بوظائفه على الوجه الصحيح؛ وفقدانه منه قد يؤدي إلى التجفاف فالإنهيار. لذا يحرص الأطباء المسافرين إلى بلاد حارة بأخذ أقراص ملحجية تعوض ما يفقدونه من الأملاح بالتعرق.

تبدأ بلورات كبريتات النحاس الدقيقة بالظهور مع تبخر ماء المحلول بالحرارة.

حامض الكبريتيك المخفف



ينتج محلول أزرق من كبريتات النحاس، عندما يتفاعل الحامض مع أكسيد النحاس الأسود.

## كيف تُحضّر ملحاً

تُحضّر الأملاح بتفاعل حامض مع قاعدة لتكوين ملح وماء. فإذا أحضرت مزيج من أكسيد النحاس الأسود (قاعدة) مع حامض الكبريتيك المخفف، ينتج محلول أزرق. في هذا التفاعل تعادل القاعدة الحامض وينتج ملح ذواب هو كبريتات النحاس. وعند تبخير المحلول بالتسخين تحصل على بلورات كبريتات النحاس الزرقاء.

بلورات كبريتات النحاس الزرقاء



## الأسرة الملحية

في ملحنا، كأملاح كبريتات النحاس، يأتي الشق الفلزي (النحاس) من القاعدة (أكسيد النحاس) والشق اللافلزي (الكبريتات) من الحامض (حامض الكبريتيك). وهكذا فإن لكل حامض أسرة من الأملاح - فحامض الكبريتيك ينتج الكبريتات، وحامض الشريك يكون الشرات، إلخ. ولكل قاعدة أيضاً أسرة من الأملاح. فأكسيد النحاس مثلاً، ينتج دائماً أملاح النحاس.

الحرارة المتولدة من حاروق يتبخّر الماء من المحلول تاركاً الملح في البوطة.

حاروق يتبخّر

يُجلّ النحاس بليمونة. هذا التنظيف يؤدّي لطلاء ذواب في عصير الليمون الحامض.

نحاس كابت اللون



## الأملاح الطبيعية

يتألف معظم المعادن والخامات من الأملاح؛ فمنها مثلاً، الحجر الجيري (كربونات الكالسيوم) والجس (كبريتات الكالسيوم) والفلوريت (فلوريد الكالسيوم). وتشكل جميع الأملاح بلورات جميلة إذا ما توافرت لها ظروف البناء المثالية.

تُكوّن الأملاح غالباً بلورات جميلة.



بلورة فلوريت

## ملح نحاسي

يتفاعل النحاس بسهولة مع أكسجين الهواء، فيكسّد لونه بطبقة رقيقة من أكسيد النحاس تُفقد بريقه. عند جلّو النحاس المُكسّد بعصير الليمون الحامض (حامض الشريك) يتفاعل الحامض مع أكسيد النحاس (قاعدة) ليكون ملحاً ذواباً (شترات النحاس) وماء. وبذوبان هذا الملح في الماء، يعود النحاس نظيفاً وبراقاً.

لمزيد من المعلومات انظر
التراكيب الكيميائية ص ٢٨
البلورات ص ٣٠
المركبات والمزيجات ص ٥٨
المحاليل ص ٦٠
الحوامض ص ٦٨
القلويات والقواعد ص ٧٠



# كيمياء الهواء

يحتوي الهواء عدّة  
غازات مختلفة  
عديمة  
اللون.

الهواء الحيويّ اللا مَرْتَبِيّ الذي يحيط بنا على الدوام هو مزيجٌ من غازات مختلفة يؤلّفُ التّروجين والأكسجين ٩٩٪ منها. ويُسهّم الإنسان باستمرار عن طريق التّنفّس والأنشطة الصناعيّة المختلفة في تغيير تركيب الهواء؛ وتعاوُل النباتات بعض هذه التّغيرات في عمليّة التّخليق الضوئي. يشكّل هواء الجوّ درعًا واقية تُرشّح ضوء الشّمس من الأشعة فوق البنفسجيّة المؤذية، وتسمح بمرور الأشعة المرئيّة والأشعة دون الحمراء التي نعتدّ عليها كمصدرٍ للضوء والحرارة؛ كما يعملُ الهواء أيضًا كطبقةٍ عازلة تمنع التّدنّي أو الارتفاع الأقصى في درجة الحرارة. فلو لا الهواء لكانت الأرض كما القمر - حارّة جدًا نهارًا، وباردة جدًا ليلاً.



يؤلّف التّروجين ٧٨٪  
من حجم الهواء.

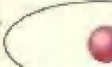


٧ يمكن استخدام  
السيّارات العامّة  
بالبنزين على  
سطح القمر. لذا  
استخدم رُوّاد القمر  
سيّارة كهربائيّة على  
سطحه.

يؤلّف الأكسجين  
٢١٪ من الهواء  
(بالحجم).



يؤلّف الأرجون  
٠,٩٪ من الهواء.



يؤلّف الكثيّنات الصّغيرة من  
الغازات الأخرى ٠,٧٪ من الهواء.

على الأرض، تأخذ  
السيّارة الهواء باستمرار؛  
فاكسجين الهواء ضروريّ  
لحرق البنزين - والطاقة المتطلّفة  
في التّفاعل تُستخدَم للسيّارة.

## الهواء من يَمَر الأرض

يُحكّم العادة، تنسى أحيانًا أنّنا نَعاوِلُ  
بالهواء. وأنّ كثيرًا ممّا نفترضه أمرًا طبيعيًّا عاديًّا  
قد لا يحدث بدونَه. فلو اصطحب رُوّادُ  
القضاء سيّارة عاديّة إلى القمر لما أمكنهم  
استخدامها لانعدام الهواء في جوّه. وهم قد  
استخدموا فعلاً، في تجاربهم الاستطلاعيّة القمرية،  
سيّارة كهربائيّة.



يؤلّف ثاني أكسيد الكربون  
٠,٣٪ من الهواء.

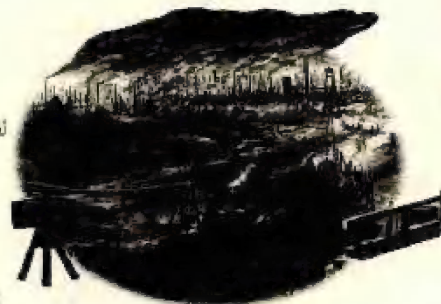
## الهواء عماد الحياة

تعتمد الحياة بمُختلف  
أشكالها على الهواء من  
أجل البقاء. فالإنسان  
يستخدم أكسجين الهواء

ليُحوّل طعامه إلى طاقة، ويوفّر ثاني أكسيد  
الكربون. والنباتات في عملية التّخليق الضوئي  
تحوّل ثاني أكسيد الكربون من الهواء إلى  
أغذية، كالشّكرات، تحتاجها في عمليّة النّمو.

## تقطير تجزيّتي للهواء

يحتوي الهواء بعض الغازات المهمّة. وهذه يمكن فصلها بعملية  
التقطير التجزيّتي؛ فيُسبّل الهواء تبريده إلى درجة حرارة خفيفة  
جداً، ثم يُترك ليسيخن، فتسخّر الغازات غير متوافقة ويُجمع كلّ  
غازٍ على حدة لأن لكلٍّ منها درجةً عليا مختلفة.



## جودة الهواء

لقد تغيّرت الأنشطة البشريّة  
في تغيير تركيب الهواء.  
فمثلاً، قبل أن تأخذ  
مُستويات الكربيت في  
الهواء بالارتفاع، قرابة  
العام ١٦٠٠، لم يكن تنظيّف

الفصّة ضروريًّا. وقد حدثت التغيّرات الكبرى بعد الثورة الصناعيّة في القرن  
التاسع عشر، حينما بدأ الناس يحرقون الوُقد الكربونيّة على نطاقٍ واسع. ونحن  
نعلم أنّ ثاني أكسيد الكربون اليوم يؤلّف نسبةً أكبر من الهواء عما كانت عليه  
سابقاً. فبين واجبا جميعاً التعلّم بمستويات التلوّث المُطلق في الهواء لحماية  
الحياة على سطح الأرض.

## اكتشافات علميّة



١٧٥٤ اكتشف الطيّب الاسكتلندي، جوزيف  
بلاك، ثاني أكسيد الكربون في الهواء.  
١٧٧٢ اكتشف الطيّب الاسكتلندي، هانيال  
دوفرورد، التّروجين في الهواء.  
١٧٧٤-٧٩ جوزيف بريستلي (البريطاني)  
وأنطوان لافوازييه (الفرنسي) اكتشفا الأكسجين  
في الهواء. مُستقلّين.  
١٨٩٢-٩٨ اكتشف العالمان البريطانيان، السير  
وليم رامزي واللورد رايلي، أنّ الهواء يحتوي  
غازات خاملة.



يقلي التّروجين على درجة -١٩٦° س. ويستخدم  
في صناعة الاسمدة وحامض النّيتريك.

## لمزيد من المعلومات انظر

- التّروجين ص ٤٢
- الأكسجين ص ٤٤
- الغازات الثّيلة ص ٤٨
- شُلوّك الغازات ص ٥١
- التّرجبات والتّريجات ص ٥٨
- الأكسدة والاختزال ص ٦٤
- التلوّث الصناعي ص ١١٢
- النّجّ ص ٢٤٨



# كيمياء الماء

لو طلبت إلى شخص عادي أو عالم متخصص أن يسمي بضعة من أشهر المواد وأهمها، لكان الماء في رأس هذه المواد رغم كونه ذلك السائل المبتذل العديم اللون والطعم والرائحة. كيميائياً، الماء مركب يتألف جزيئته من ذرتين من الهيدروجين وذرة من الأكسجين - فصيعته إذاً هو كيميائي ذووب الفاعلية ومذيب عام جيد بحيث يكاد لا يوجد في حال النقاوة الكاملة مطلقاً حتى في المطر. والماء بالغ الأهمية للكائنات الحية، فهو يكون الجزء الأكبر من مادة جسم الإنسان - كما يحمل المغذيات إلى سائر خلاياه ويخلصه من فضلاته.



عدد الجزيئات في نقطة ماء واحدة أكثر من ملايين النجوم التي نراها في السماء.

قد يصل محتوى الشخص النحيل من الماء ٧٥٪، بينما هو في السمين ٥٥٪ فقط.

ثلاثة ثلثي وزن جسم الإنسان ماء.



تحتوي البندورة ٩٥٪ من وزنها ماء.

تغطي المياه فوق ٧٠٪ من سطح الأرض.



## الماء في كل مكان

الماء أكثر المركبات الكيميائية وفرة إذ يغطي فوق ال ٧٠٪ من سطح الأرض، ويبلغ معدل محتوى جسم الإنسان من الماء حوالي ٦٥٪ من وزنه، كما تألف بعض المأكولات في معظمها من الماء، تحتوي ثمار البندورة، مثلاً ٩٥٪ من وزنها ماء. وفي مختلف أماكن تواجده هذه يقوم الماء بفاعلات ووظائف كيميائية مهمة.

التسخين ينفذ بلورات كبريتات الشحاس لونها الأزرق، والماء يعيد إلى البلورات البيضاء رقيقته.



## ماء البلور

تحتوي مركبات كثيرة جزيئات ماء متخبيئة في بلوراتها. هذا الماء هو ماء البلور ويمكن ترعه بالإحما. فإذا شحنت بلورات كبريتات الشحاس الزرقاء تفقد ماء البلور ويتغير لونها. ولا تعود إلى هذه البلورات البيضاء رقيقته إلا بإضافة الماء. ونستخدم هذه الظاهرة كيميائياً كاختبار للكشف عن وجود الماء.

في درجة حرارة الغرفة، الماء النقي سائل لا لون له، يغلي على درجة ١٠٠°س، ويتجمد على درجة صفر سنتيغراد (سلسيوس) - الماء = ٠ (متعادل).

منظر مثير لشجر الغلالة.



## الماء العسير

بعض المركبات الكيميائية المذابة في الماء تجعله عسيراً لا يرغب فيه الصابون بسهولة، بل يكون رساية بيضاء غثائية. وعسر الماء على نوعين: مؤقت تسببه يكرينات الكالسيوم والمغنسيوم ويمكن إزالته بالغليان - حيث تتحول اليكربونات الذوابة إلى «كربونات الكالسيوم» اللاذوابة التي ترسب فتشكو كليبته في الغلايات، وعسر دائم سببه كبريتات الكالسيوم والمغنسيوم ويمكن إزالته بإمرار الماء عبر جهاز تيسير الماء الذي يستبدل بأيونات الكالسيوم والمغنسيوم أيونات الصوديوم.

## الماء في الهواء

في يوم رطب، يحوي الهواء كمية كبيرة من بخار الماء (حوالي ٥٪ من وزنه) والرطوبة النسبية هي مقياس لكمية الماء في الهواء. أما الهواء الجاف، كهواء الصحارى، فتحتاره من بخار الماء نزر يسير.



تحتوي الصحارى فزراً من الماء لا يكفي لعيش الكثير من الأحياء.

## الماء الجايد

بخلاف معظم المواد الأخرى، يتخذ الماء خلال تحوله إلى جليد، فعندما تنصام جزيئات الماء لتكون الجليد تنقسم ذرة هيدروجين من أحد الجزيئات إلى ذرة أكسجين في جزيء آخر، فيتكون شكل سداسي ذو خبز نحاسي في الوسط. ويسفر هذا التشكل ظاهرياً، أولاً ككون الجليد أخف من الماء، وثانياً كونه الشكل السداسي التراتبي للكشف الثلجية.



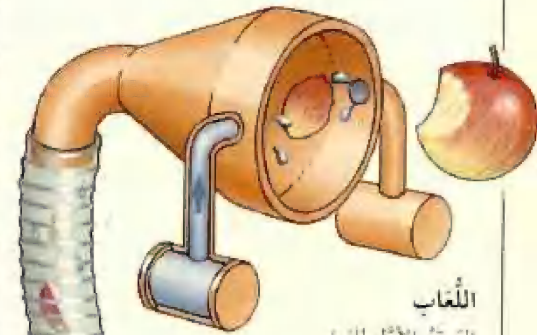
## لزيد من المعلومات انظر

- تغيرات الحالة ص ٢٠
- التراكيب الكيميائية ص ٢٨
- البلورات ص ٣٠ - المحاليل ص ٦٠
- الماء - معالجته وصناعاته ص ٨٣
- الرطوبة ص ٢٥٢
- الثلج ص ٢٦٦



# كيمياء الجسم البشري

جسم الإنسان مصنع كيميائي مُتَنَقِّلٌ مُهِئاً لمعالجة موادّه الخام كالطعام والماء والأكسجين على الوجه الأكمل. بعد التغذية، تمرّ هذه الموادّ بسلسلة من التفاعلات الكيميائية المعقّدة، تُعرف بالاستقلاب (أو الأيض)، مُولّدة الطاقة التي يحتاجها الجسم للقيام بوظائفه. إحدى سلاسل هذه التفاعلات تفكّك جزيئات الطعام الكبيرة في عملية الهضم إلى جزيئات أصغر، كالغلوكوز، يُمكن سريانها إلى مجرى الدّم. وينقل الدّم الغلوكوز إلى الكبد حيث يُخزّن كوقود جَسْمانيّ. وفي عملية التنفّس الخلوي تَبْعَثُ خلايا الجسم الطاقة من الوقود المُمتلئ. أما الفضلات فتُنَقَّلُ إلى نهاية خطّ المصنع البشريّ للتخلّص منها.



اللُعَاب

الموقع الأوّل للعض

الكيميائيّ على الطعام هو الفم حيث يتدفّق اللُعَاب من الغدد اللعابية على الطعام فيمزج به خلال عملية المضغ. واللُعَاب مَزِيجٌ مائيّ يحوي أنزيم الأميلاز الذي به يبدأ تفكيك النشا. ولما كان الأميلاز لا يعمل إلّا في وسط قلويّ، فإنّ اللُعَاب قلويّ طفيف نوعاً.

## الغلوكوز أحد مُنتجات الهضم

يتلقّى الطعام في المعى الدقيق، غير قنّاء الصفراء، مَزِيجاً فعّالاً من الكيماويات هو الصفراء. وهي سائلٌ من مُفَرِّزات الكبد، يُخزّن في كيس المرارة، يحوي أملاحاً قلويّة تُساعد في تحليل الدهون. وتُستكملُ عملية الهضم بأنزيمات من البنكرياس ومن جدران المعى الدقيق، ويجري نقلّ الغلوكوز، الذي هو أحد مُنتجات مُجمل هذه التفاعلات، إلى الكبد.

يبدأ أنزيمات المعدة جاذّة في عملها، تعمل تقلّصات جدار المعدة كمشطّة تحفّق الطعام وتحوّله إلى مائيّ يُدعى الكيفوس.



المعدة حال وصول الطعام إلى المعدة، يبدأ تقلّبه مع عضارات المشطّة المُنتَجة من غدها. وتحوي هذه العضارات حامضاً قوياً هو حمض الهيدروكلوريك وأنزيمات عديدة؛ ويعمل الحمض على قتل الجراثيم في الطعام وتُنشّط أنزيم البيروتيك ليقوم بتفكيك البروتينات.

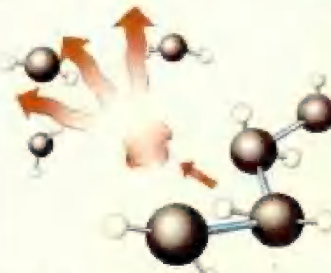
تُضخّج حمض الهيدروكلوريك في الغُدّة المعدنيّة يتفاعل كيميائيّ يُشبه قهقهة ثاني أكسيد الكربون والماء وملح الطعام.

## الاستقلاب الهضمي (التفويض)

بعض التفاعلات الكيميائية في الجسم تُرَدُّ طاقة. فالتنفّس مثلاً، يُطلّق طاقة بتفكيك الغلوكوز إلى جزيئات أصغر. وهذه الطاقة لا تُرَدُّ نتيجة لتفكّك روابط الغلوكوز بل نتيجة لتكوّن روابط أقوى في الجزيئات الأصغر. وتُدعى التفاعلات المطلقّة للطاقة تفاعلات تفويضيّة، والعملية بكاملها الاستقلاب الهضمي.

## الاستقلاب البناء (الإنشاء)

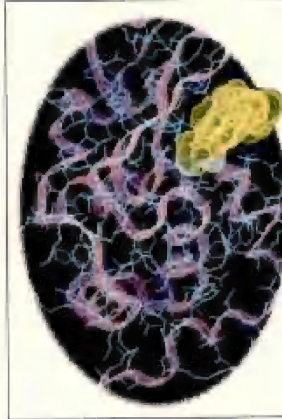
التفاعلات الكيميائية التي تطوي على بناء تراكيبت مُختلفة في الجسم هي تفاعلات إنشائيّة، وهي، بخلاف التفاعلات التفويضيّة، تستهلك الطاقة. لا نبتغيها. ونستفيد هذه التفاعلات الطاقة اللازمة من جميع التفاعلات التفويضيّة في الجسم. فتركيب بروتينات الدّم مثلاً، يطوي على بناء جزيئات كبيرة معقّدة من جزيئات بسيطة، بما يستفيد كمّيّات كبيرة من الطاقة، فهو إذاً تفاعل إنشائيّ والعملية نفسها تُدعى إنشاء.





## الأنزيمات

يُسرع الكثير من التفاعلات الكيميائية في الجسم بحفازات تسمى الأنزيمات. يختص كل أنزيم منها بتفاعل معين. وهذه الأنزيمات قادرةٌ بحفزها على التمييز حتى بين الجزيئات المتشابهة، فلا تُخطئ تفاعلاتها. والأنزيمات حفازات سريعة وفعالة بشكلٍ لافتٍ. وبدونها كانت التفاعلات في أجسامنا من القيء بحيث تستحيل معها الحياة.



## الكبد

الكبد مُحفزة القدرة الكيميائية في الجسم. فهي تفرز الصفراء - السائل المخضر الذي يساعد على الهضم. وتخزن الكبد الجلوكوز والفيتامينات والمعادن، كما تزيل سموم الأدوية والشحون من الدم. والتفاعلات التي تجري في الكبد تُعظمها من النوع الذي يطلق الحرارة، وهذه الحرارة تنتشر في الجسم بواسطة الدم وتُدْفَأ.



## الدم

تجري كرات الدم الحمر مُركّبة من البروتين والحديد يُدعى الهيموغلوبين، وهو يتحد مع الأكسجين في الرئتين وينقله إلى سائر خلايا الجسم. وعند انطلاق الأكسجين من الدم خلال عملية التنفس الخلوي، ينفذ الهيموغلوبين لونه الأحمر الزاهي ويصبح أزرقاً باهتاً. وفي الوقت نفسه يُعادّل الهيموغلوبين ثاني أكسيد الكربون (فضالة الأكسدة) في خلايا الأنسجة ويحمله إلى الرئتين حيث يُرْفَق إلى خارج الجسم.

## التنفس

تتحول الطاقة المحتواة في الطعام إلى الطاقة اللازمة ليوم الجسم بوظائفه في تفاعل كيميائي هو التنفس. ويحصل هذا التفاعل في كل خلية من الجسم بل في جميع الخلايا الحية في العالم إجمالاً. هنالك نوعان من التنفس: الهوائي واللاهوائي. والتنفس الهوائي يتطلب الأكسجين، ويُطلق الكثير من الطاقة.

الأكسجين + جلوكوز → ثاني أكسيد الكربون + ماء + طاقة

البندقة المشتعلة تستعمل حرارة وطاقة صوتية، وهذا التفاعل يشبه التنفس الهوائي. ففي كلتا الحالتين، يتحد الطعام مع الأكسجين لينتج الطاقة. لكن لا تُطلق الطاقة داخل الجسم فجأة كاللهب، بل تُطلق تدريجياً بشكل كيميائي.

### التنفس اللاهوائي

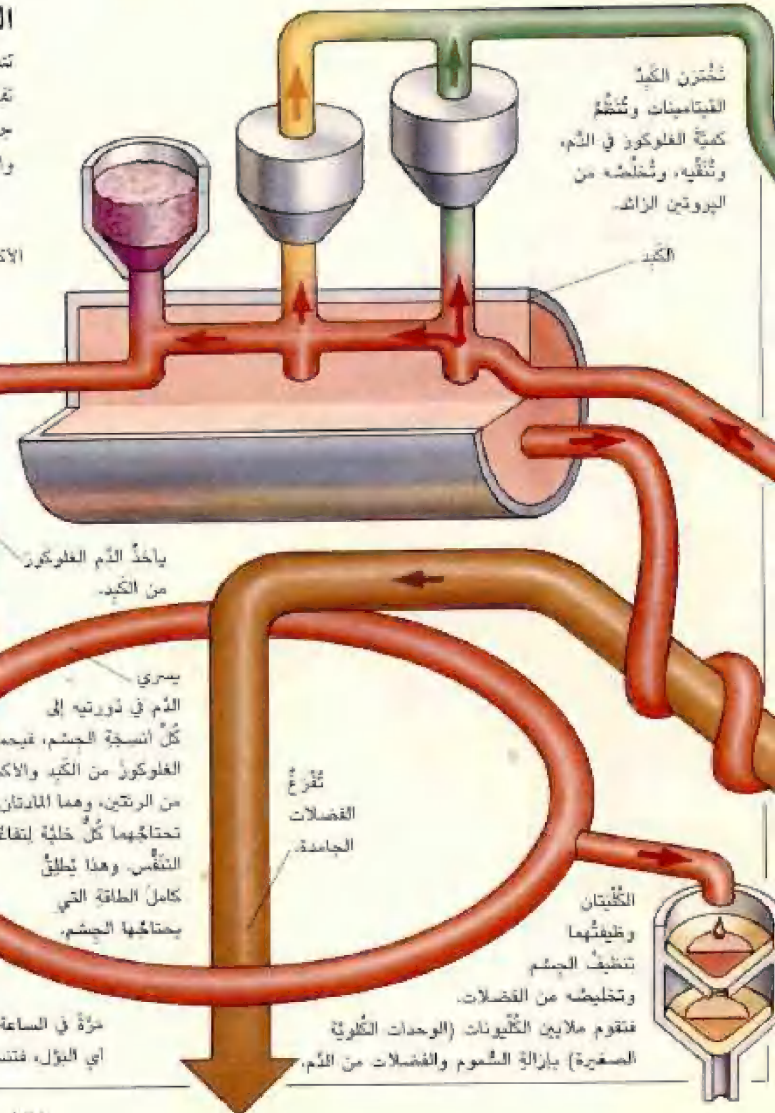
إذا ركضت بسرعة في سباق ما، فإن عضلاتك تستهلك الأكسجين بسرعة أكبر مما تستطيع إمدادك بتزويده. فتجد خلايا العضل عندئذٍ إلى التنفس اللاهوائي لتوفر لك طاقة إضافية. وهذا التفاعل لا يتطلب الأكسجين، لكنه ينتج طاقة أقل مع حامض اللبنيك.



جلوكوز → حامض اللبنيك + طاقة  
يسبب حامض اللبنيك الآ وتشنجاً في العضلات. لذا يأخذ الرياضيون انقاساً عميقاً في نهاية السباق لاستعادة المدي الكافي من الأكسجين وللتخلص من حامض اللبنيك.

### لمزيد من المعلومات انظر

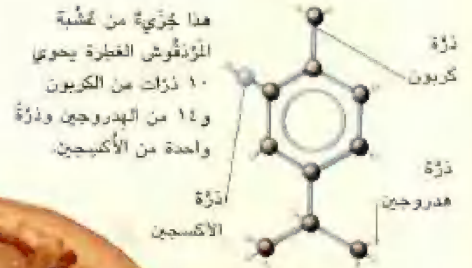
- الحفازات ص ٥٦
- كيمياء الأغذية ص ٧٨
- الهضم ص ٣٤٥
- التنفس الخلوي ص ٣٤٦
- الدم ص ٣٤٨
- النسبة الباطنية (في الأحياء) ص ٣٥٠





# كيمياء الأغذية

لعلَّ عدَّة الكيماويات في طعام تأكله يفوق ما يُمكن أن تجده في مختبر. والكثير من هذه الكيماويات ضروري للحياة كالبروتينات والكربوهيدرات والألياف والدهون والفيتامينات والمعادن والماء؛ وجميعها من أساسيات الغذاء الصحي. هنالك أيضًا كيماويات مُنكهة للطعام وأخرى أزيد تلوُّنه. ويُقدِّر العلماء أنَّ المادة الزيتية في قشرة البرتقالة وحدها تحوي قرابة ٥٠ مركبًا كيماويًا مختلفًا. عند طهي الطعام، تحدث تفاعلات تُغيِّر من طبيعة تلك الكيماويات. والواقع أنَّ في الطبخ والكيمياء أمورًا عديدة مُشتركة؛ فالكثير من العمليات المُستخدمة في كليهما كالسخن والمزج والترشيح عمليات مُماثلة.



## البشر الكيماوية

البشر في حقيقتها صحن من الكيماويات مُغطى من المُعدَّيات المفيدة. والتمثُّل من الكيماويات المُختلفة في البشر ذات صيغ مُعقَّدة جدًا. أنظر مثلاً صيغة التركيب المُعقَّدة، أعلاه، التي تكتب غُلبة المؤنقوش نكهتها المميَّزة.



## الخيار (الكشف عن) البروتين

يُخبر العلماء الطعام للكشف عن وجود البروتينات بفَرْس عبْدُه من الماء وإضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم المُخفَّف مُتَوَعًا بِيضَّة قطرات من محلول كبريتات النحاس. فإن تغيَّر لون المحلول من الأزرق الفاتح إلى الأرجواني الشاحب ذلَّ ذلك على وجود البروتين في الطعام.



## إختيار (الكشف عن) الدهن

جزيئات الدهن ضخمة تحوي الكربون والهيدروجين والأكسجين. وتتراخى الدهن في بعض الأغذية كالزبد والفستق والزبد. ويمكن الكشف عن الدهن في عينة غذائية برُجها في الإيثانول الذي يذيب الدهن ويبقى محلولاً صافياً. ثم يُصب هذا المحلول في أنبوب اختبار يحوي القليل من الماء. وحيث إن الدهن لا تذوب في الماء فإن الماء يترسب بطبقات الدهن الصغيرة إذا احترق العينة.



## البروتينات

البروتينات كيماويات بانية للأنبسجة الحيّة تتوافر في عديد من الأغذية كالبيض واللحم والحبوب واللبن والبقول. وهي تتألف من ذرات الكربون والنيتروجين والكبريت والأكسجين والهيدروجين. وتتضام بعض الجزيئات البروتينية في سلاسل لولبية طويلة. فإذا طهوت بيضة مثلاً، تبدأ جزيئات البروتين بالتحلل من سلاسلها، ثم تتناثر بعضها مع بعض في شبكة جامدة؛ وهكذا يصير آخ البيضة البروتيني جامداً عند القلي أو السلق.



وبأنجلالها تتناثر السلاسل بعضها مع بعض فتكوّن شبكة جامدة.



## المعادن

المعادن مواد لا عضوية، الكميات القليلة من بعضها ضرورية في وحياتنا. هذه المعادن الحاوية لعناصر الكالسيوم والحديد واليوتاسيوم والمغنسيوم تُذيبها الماء من التربة، فتستخلص جذور النباتات النامية في التربة. وحين تأكل تلك النباتات فإننا نتردُّ أيضًا بما تحتويه من معادن.



## كيماويات البصل

لماذا تدمع عيناك عند تقطيع البصل؟ السبب هو أن البصل يحوي بعض المركبات الكيميائية الغريبة التي تتفاعل مع أكسجين الهواء لتكوّن كيماويات حادة الرائحة تسبب الدمع من العينين. وقد اكتشف العلماء مؤخرًا أنَّ مثل هذه المركبات الكيميائية قد تُفيد في معالجة الربو.





الفيتامينات

الفيتامينات مجموعة متنوعة من المواد العضوية ضرورية جدًا، بكميات ضئيلة، لإسلامة النمو وصحة الجسم والعقل. وهي متوفرة في العديد من الأغذية كالحضبات (فيتامين ج) والخضار (فيتامين أ و ك) والخبز (فيتامين ب) وغير الدقيق بأكمله (فيتامين ب) والسمك (فيتامين د).

فيتامين ج  
غير موجود



الحفظ بالليمون الحامض

القوكة المقطعة حديثًا، كالنخاع والعوز، تستمر بتعرضها للهواء نتيجة لتفاعل كيميائياتها مع الأكسجين. ويسرع هذا التفاعل أنزيم في الفاكهة نفسها، ولما كانت الأنزيمات حساسة جدًا لتغيرات الحموضة، فإن تفاعل الإشعاع يمكن تبطله بإضافة عصير الليمون إلى الفاكهة المقطعة حديثًا.

فيتامين ج  
موجود



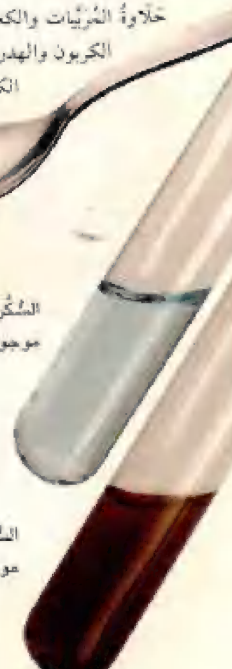
اختيار زوتر لفيتامين ج

اختيار زوتر يعتمد على إزالة ذرقة كاشفه (ثاني كلور الفيتول إندوفيتول)، فإذا حصل هذا التغير بإضافة غنية من الطعام (مهروسة في الماء) إلى الصنع المذكور، يكون الفيتامين ج موجودًا في الطعام.

السكّريات

خلاوة المركبات والكمك ناجمة عن السكّريات المختلفة. وهي كيميائيات تتألف من الكربون والهيدروجين والأكسجين. أبسط أنواع السكّريات هو الغلوكوز، وصيغته الكيميائية  $C_6H_{12}O_6$ . ومن السكّريات البسيطة أيضًا اللكتوز (سكر اللبن) والفركتوز (سكر الفاكهة)، ولم يعد السكر اليوم مادة للطبخ فقط، فقد بدأ الكيماويون الصناعيون يحولونه إلى كيميائيات صناعية تستخدم في صنع الدهانات والمطعمات.

السكر غير  
موجود



السكر  
موجود

كرملة (أو تعصيد) السكر

عند إحساء السكر تبدأ جزيئاته بالتفكك ويطلق منها الماء. فإذا استمر الإحساء يتكامل السكر ليصبح عصيدًا لزجًا سميرًا، وتستخدم الكرمالات في تلوين الخبز والصلصات وبعض المأكولات الأخرى.

سكر فركتول  
(مفروق)

اختيار (الكشف عن) السكر

يمكن الكشف عن السكر في الطعام بهرس غنية منه في الماء وإضافة قليل من محلول بيذكت الأزرق إليها. فإذا تغير اللون إلى بُرتقالي مُستمر عند إحساء المزيج، يكون السكر موجودًا في الطعام.

مأكولات  
سكّرية



حفظ الأغذية

تفسد الأغذية الطازجة، كالسمك، بسرعة إذا تركت معرضة للهواء، لأن الميكروبات (الجراثيم) المؤدية تبدأ بالتكاثر فيها وعليها. ويمكن حفظ الأغذية بفث تلك الميكروبات أو تثبيط نموها بإحدى الوسائل المعروفة التالية: التجميد، التمليح، التدخين أو التخليل. أما زيادة كل الجراثيم في الطعام فيتم بإحدى طريقتين: التسخين (حوالي ١٦٠° س) أو التجميد.



تدخين الأسماك

لحوق نار الصطب، لحرارة النار وكيميائيات الدخان تثبط وتنشط تنامي الميكروبات، كما يضاف التدخين نكهة على الطعام ويُغير أذينة.

اختيار (الكشف عن) الشا

يمكن الكشف عن الشا بهرس غنية من الطعام في الماء وإضافة بضع قطرات من محلول اليود. فإذا تحول اللون إلى دُرقة مُسوَّدة يكون الشا موجودًا في الطعام.

الشا غير  
موجود



الشا  
موجود

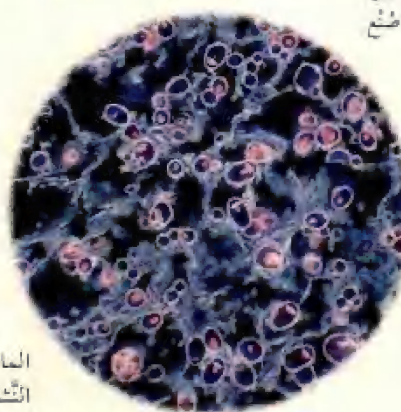


المعكرونة  
والمطاطا والأرز  
جميعها تحوي  
الشا.

خبيبات الشا، في  
الماء، سُكّرة ٦٠ غُرَّة.

الشا

المأكولات النشوية، كالخبز والبطاطا والأرز والمعكرونة تتألف من جزيئات سُكّرية مترابطة معًا في سلاسل طويلة - فالشا والسكر هما من الكربوهيدرات. يضاف نشا القمح لتغليظ الصلصات والعرق؛ فعند تسخين خبيبات الشا في الماء، يدخلها بعض الماء فيبدأ بين جزيئات الشا المنفردة - فتتفكك الخبيبات حتى تنفجر ناشرة جزيئات الشا في السائل المحيط فيغلظ.



سُموم المأكولات

تحتوي بعض المأكولات طيعيًا كمّيات قليلة من السُموم - تُعرض إذا ما أخذت بجرعات كبيرة. فالعوز يحوي مادة كيميائية قد تسبب الهلوسة، والبطاطا الخضراء تحوي السولانين وهو سُم يسبب ألم المعدة. ويحوي الجبن النضيج مادة النيرامين الوثيقة العلاقة بهرمون الأدرينالين في أجسامنا، فتؤثر في سرعة النبض وتسبب الكوابيس.



لمزيد من المعلومات انظر

- الكيمياء العضوية ص ٤١
- التحليل الكيماوي ص ٦٢
- كيمياء الجسم البشري ص ٧٦
- الاختصار ص ٨٠
- صناعة الأغذية ص ٩٢
- الغذاء ص ٣٤٢
- الاغذاء ص ٣٤٣



# الاختِمار

نظراً فكتّر  
لخلايا الخميرة

عُرف الاختِمارُ منذ آلاف السنين في صنْع الخُبز واللّبن الرائب والجعة والتّبيد. واليوم، إضافةً إلى استخدامه في صنْع الأغذية والمشروبات الكحولية يُستخدم الاختِمارُ في صنْع الأدوية كالبنسلين، والكيمائيات كالميثانول وحامض الستريك. والاختِمارُ عمليةٌ كيميائيةٌ تقوم بها متعضّياتٌ مجهريةٌ تدعى الخمائر، وهي تنمو بتحويل سُكّر الأغذية، وخاصةً سُكّر الفواكه والحبوب، إلى كحول وثاني أكسيد الكربون. ويحتملُ أنّ اكتشافَ الاختِمار كان صدفةً في فواكه أو حبوبٍ اختزنت في أوعيةٍ مغلقة. والخمائرُ هي من الميكروبات المفيدة المأمونة المستخدمة على نطاقٍ واسع. وهي كغيرها من الميكروبات قادرةٌ على العيش في كُلِّ مكانٍ تقريباً. لكنّ ليست كُلُّ الميكروبات صالحةً للأكل - فالكثيرُ منها مُؤدٍ وسامٌ.

## صنْع الخُبز

الخميرة هي أحدُ مقدّمات الخُبز. فبعدَ عملية الغُش يُوضَع العجينُ في مكانٍ دافئ، حيثُ تنمُو الخميرة الأكسجين هوائياً، مُعتدلةً بالسُكّريات - مُتأكّدةً إياها إلى ماءٍ وغازٍ ثاني أكسيد الكربون يتضخّم به العجين. وعندَ الخبز تُقلّ الخميرةُ ويتمدّد ثاني أكسيد الكربون ويُخارُ الماءُ فيكسبُ الخُبزَ نَجيّةً إسفنجيةً. أما الخُبزُ المُعتَصِرُ من عجينةٍ بلا خميرة فلا يتضخّم بالخبز ويدعى قَطيراً.



يُتحدّ بعض البروتينات في الطحين، بعد إضافة الماء وعجن العجين، فتكوّنُ شبكةً قويّةً ومطاطةً من الخُرَيّات.

## الاختِمارُ الأوّل

كان المصريون القدماء أوّل من صنّع الخبز الخمير منذ ٥٠٠٠ سنة. وكانوا يحتفظون دوماً ببعض العجينة المخمرة ليضيفوها إلى العجينة التالية لخبزها. ولا يزال أهل الأرياف يستخدمون الوسيلة نفسها في تخمير عجائنهم.



## الخميرة

إذا تُرك مزيجٌ من الخميرة والسُكّر والماء الدافئ جانباً، تظهرُ فقاعاتٌ من الغاز عند اعتِمَال الخميرة، وإذا أُمِرَ هذا الغازُ في ماء الجير (محلول الكالسيوم في الماء)، يَربُدُ ماء الجير الصافي بتكوّن كربونات الكالسيوم غير الذوّابة في الماء. وهذا يُرْهِانٌ على أنّ الغاز هو ثاني أكسيد الكربون. إنّ تنفّس الخمائر هو تنفّس لاهوائي - يعني أنّها تغتذي بالسُكّر مباشرةً - مُحوّلةً إياه إلى كحول، يبقى في القارورة، وغازٌ هو ثاني أكسيد الكربون.



المُلتصّات مُتكررة.

## الجبن الأزرق

يُضاف نوعٌ خاصٌ من عُفن البَسلين إلى الجبن الأزرق ليكسبه لونه وطعمه المميّزين، وخلال عملية نُضج الجبن تُحدّث فيه ثقوبٌ صغيرة، يَملأ من الفولاد الذي لا يصدأ، لضمان وجود كثيَّةٍ كافيةٍ من الأكسجين لنمُو العُفن.



## اللبن الرائب

يُحضّر اللبن الرائب بإضافة بكتيريا مُعَيّنة (المُلبّيات) إلى اللبن وتركه يَخْتَمِرُ لاهوائياً. فتكاثرت البكتيريا وتغلّظت اللبن حافظةً تحتوي السُكّر فيه يتحوّل سُكّر اللبن (اللاكتوز) إلى حامض اللبنيك. لذا فإنّ طعمَ اللبن الرائب الطبيعي حديد.

## الكحول

في ظروف التهوئة العادية تنتج الخمائر الماء وثاني أكسيد الكربون بالتنفّس الهوائي (كما في صنْع الخُبز). أمّا في ظروف انعدام التهوئة فإنّها تلجأ إلى التنفّس اللاهوائي مُنتجةً الكحول وثاني أكسيد الكربون. لذا تُخمّر المشروبات الكحولية في أوعيةٍ مغلقة. والمعروف أنّه عندما ترتفع يَنتِج الكحول في المحلول إلى قرابة ١٤٪، تتسم الخمائر ويتوقّف التخمر. وهكذا لا يمكنُ صنْع مشروبات كحولية يزيد مُحتواها من الكحول على ١٤٪ بطريقة الاختِمار فقط.



### لمزيد من المعلومات أنظروا

- كيمياء الجسم البشري ص ٧٦
- كيمياء الأغذية ص ٧٨
- المتعضّيات الوحيدة الخلية ص ٣١٤
- الطغريات ص ٣١٥
- التكاثر اللاجنسي ص ٣٦٦



# المواد

تُصنع قُبعة الرياضة من القطن، فتبقى شديدة باردة.

النبتات الشمسية المصنوعة من الكيماويات النفطية خفيفة ومأمونة الاستعمال.

تُصنع إطار يضرب التنس من لدنة تحوي الغرافيت ومقنن شغلي بالجلد الاصطناعي، ولونان لادنية مُصنعة.

تُصنع خوارب الرياضة من الألياف الطبيعية لحفظ القدمين مهيأة باردة.

الخشبة مادة طبيعية صلبة تُؤخذ من الأشجار.

تُصنع ملابس الرياضة من مواد قوية وشرية كالقطن والبوليستر والنيلون.

يتألف اللوز من الياف الطبيعية مُصنعة من الأشجار.

## من الحديد إلى الفولاذ

لم يكن صنّاع المعادن الأوائل يجهلون أن الكربون يُضاد الحديد. عام ١٧٤٠، ابتكر المعادن البريطاني، بنجامين هتسمان، طريقة لضبط كميّة الكربون المناسبة لإنتاج معدن مُشبع قوي من الحديد يُدعى الفولاذ. ويُستخدم الفولاذ الآن في تصنيع سبائك لا حصر لها من المُنتجات من الإبر إلى هياكل السكّات.

تُصنع أحذية الرياضة من الجلد أو القماش اللين وتجهّز ببُعالي مطاطية مرونة طبيعية.



## عصر اللدائن

في الخمسينيات من القرن التاسع عشر، صنّع الكيماوي البريطاني، ألكسندر باركر، أول مادة لدائنية. واليوم تُصنّع اللدائن المختلفة من الكيماويات النفطية، وتستخدم في صناعة اللعب والكثير من المُنتجات المنزلية كالكراسي والغالب والاطباق وغيرها.

تخيّل أنّك تتنعلُ جِذاء من الخرسانة أو تركب دراجة من الزجاج! إنّ ذلك عسيرٌ وخطِرٌ حقًا. هاتان مادّتان فقط من المواد الكثيرة التي نستخدمها في حياتنا اليومية - لكن طبعًا ليس للمشي ولا لصنع الدراجات! إنّ مُعظم ما يُحيط بنا من موادّ هي موادّ مُحوّلة عمّا كانت عليه في حالتها الطبيعية، التي هي أصلًا موادّ من الأرض أو الماء أو حتى من الهواء. فالحملات الكيماوية تُحوّل المواد الخام هذه إلى مواد ذات خصائص مُعيّنة يتسنى لنا استخدامها. فموادّ ملابسنا، مثلاً، مُصنّعة من ألياف لينة مطاطية مقاومة للحمّ تجعلها مريحة ومتينة.

## موادّ مُستخدمة في لعبة التنس

تتلاءم جميع المواد المستخدمة في لعبة التنس تمامًا مع وظيفة كلّ منها. فالمضارب متينة التصميم قوية كي تتحمّل من صدّ الكرات المُعطيفة بسرعة فائقة، والكرات مُصنّعة من موادّ مرنّة لا يمزقها الارتطام بالمضرب أو بأرض الملعب. كذلك فإنّ أحذية التنس وأرض الملعب مُعالّجة ومصمّمة لمقاومة الحمّ أو البري الناتج عن تراكض اللاعبين في طول الملعب وعرضه.

## الفخاريات

منذ حوالي ٧٠٠٠ سنة، اكتشف الناس إمكانية تحويل الطين بالإحما إلى مادة صلبة قسيّة. فتشكيلهم الطين قبل الشّن، استطاعوا صنع القصّعات والأكواب والجرار لحفظ طعامهم وشرابهم. فكان الفخار (أو الطين النضيج) أحد أول المواد التي صنعها الإنسان.



## استخراج الحديد

منذ ٣٥٠٠ سنة اكتشف الجيّنون، سكّان ما يُعرف اليوم باسم تركيا كيفية استخراج الحديد. وينلخّص مير طريفهم بإحما خامات الحديد مع فحم الخشب المُحترق، فيحصلون على المعدن (الحديد المُطّاع) بليون نسخ بتفريقه عنّداً وأسلحة.



## مكننة صناعة القماش

منذ عام ٨٠٠٠ ق.م. عرف الناس غزل الألياف الطبيعية وحياتها بشكل أو بآخر لصنع القماش. وفي أواخر القرن الثامن عشر، اخترع الأوروبيون مكنات للغزل والحيكة تعمل بالقدرة البخارية.



# صناعة الكيماويات

المواد المصنعة كيميائياً تُحيط بنا حيثما نكون، بل إن بعضها يتواجد في داخلنا أيضاً. ويتفاوت مدى هذه المواد الشاسع من دهانات السيارات إلى مختلف أنواع المأكولات. وتُصنع كل مادة أو مجموعة مواد في وحدة صناعية خاصة؛ فتعالج المواد الخام، كالمعادن والنفط والماء والفحم والغاز وكثير سواها، بتفاعلات كيميائية تُحوّلها إلى مواد مُفيدة تُنقل إلى مختلف أقطار العالم ليستخدمها الناس ويتعموا بفوائدها. والمُشآت الصناعية الكيماوية هذه عالية التكلفة بناءً وتشغيلاً؛ وهي تشكّل إحدى أكبر الصناعات في العالم، وتستهدف تقديم مصنوعات المفيدة والمتنوعة بأسعار في متناول الجميع.



## في خط الأنابيب

تُنقل الأنابيب المتمايزة الألوان السوائل والغازات الكيماوية والبخار والماء المُبرّد إلى مختلف أنحاء المصنع الحديث.

يُخزّن فائض من المواد الخام قرب المصنع.

تأكل الأبخار حُراريات قصصعة من ثعابات الطعام السليمة.

يُعاد تدوير بعض الفضلات والفضائيات لتصنيع شئجات أخرى.



## نموذج مصغر

قبل بناء المصنع الكيماوي، يُصنّف له نموذج مصغر اختياري، وتُمرر الكيماويات في أجهزته الرُجائية لمرافقة مختلف مراحل العملية وأجهزتها، والتأكد من سلامتها وصلاحياتها. وحين يتأكد للعلماء ذلك يُضارّ إلى تشييد المصنع بالحجم الحقيقي.



## من النموذج إلى الأصل

عندما نتج تجارب النموذج المصغر، وينمّ تقني إمكانية إنتاج المادة المطلوبة بتكلفة زهيدة، يُكثّر قياس تجهيزات النموذج وعملياته لإنشاء المصنع الحقيقي.

## موقع المصنع

يجب أن تتوفر احتياجات المصنع من مواد خام وطاقة وماء على مقربة من موقعه ليعمل بفعالية. ويُراعى في اختيار الموقع أيضاً توافر سُبل النقل والمواصلات القليلة التكلفة لتصريف المُنتجات. أما الثعابات والفضلات فينبغي تصريفها بعناية بالغة - فقد يباع بعضها لإعادة التدوير وتُصنع مواد مفيدة أخرى؛ وما لا يصلح منها يُلبع يُعالج لئلا يضره وأخطاره.

## السلامة العامة

التفاعلات الكيماوية قد تُنتج أدخنة سامة أو تُشعّ حرارتاً وانفجارات. وللقاية من هذه الأخطار تُجهّز المصانع بمعدات الأمان وأنظمة الإنذار، ويؤدّد العاملون بالملاص الوقاية وتعليمات التصرف السليم في حالات الطوارئ.



## لمزيد من المعلومات انظر

- التفاعلات الكيماوية ص ٥٢
- الماء - مُعالجته وصناعاته ص ٨٣
- التلوث الصناعي ص ١١٢
- مصادر الطاقة ص ١٣٤
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦



# الماء - مُعالَجَتُهُ وصِنَاعَاتُهُ

يستطيع الإنسان العيش بدون ماء قرابة ستة أيام، لكن الصناعات في معظمها تتوقف فوراً عن العمل بدونه. فالصناعة بحاجة إلى كميات كبيرة من الماء لتصنيع كل ما نستخدمه تقريباً من مواد. ففي كل يوم، تستهلك الصناعات في العالم من الماء أربعة أضعاف ما يستهلكه جميع الناس في منازلهم. المطر هو المصدر الرئيسي لكل هذه المياه، لكن يجب تنقيتها قبل الاستعمال. فالمطر المتساقط على الأرض ينساب في جداول وأنهار، أو يغور في الأرض إلى الطبقات الصخرية. وهكذا، يلتقط الماء، في مساراته المختلفة، جسيمات صغيرة من الصخر أو بكتيريا من التربة أو كيماويات مُدابة من أيما شيء يمرُّ به أو فوقه.

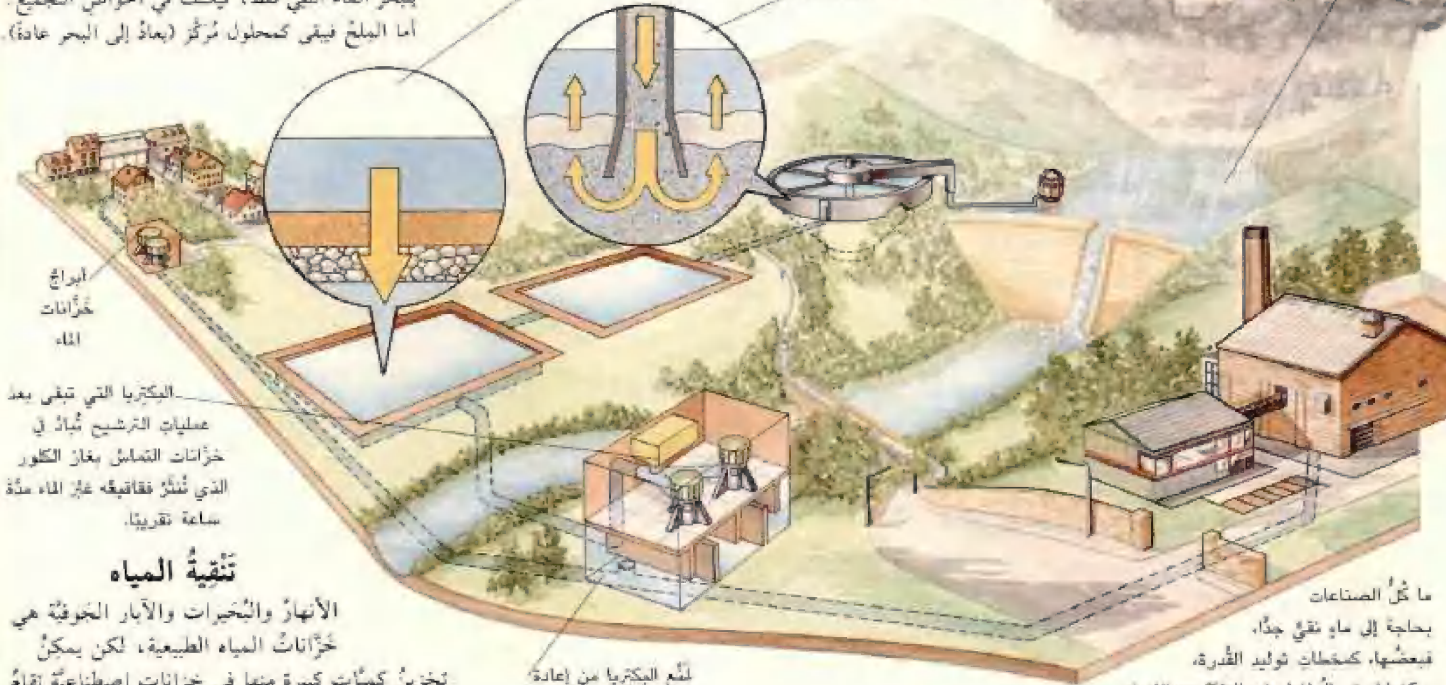
## إزالة الملوحة (التحلية)

في بعض مناطق العالم حيث تنشأ الأمطار (كما في منطقة الشرق الأوسط) يحصل الناس على الماء من البحر بالتحلية. قياح ماء البحر تحت ضغط خفيف، يتحرر الماء النقي فقط، ويتركز في أحواض التجميع. أما المالح فيبقى كمحلول مُركَّز (بعاداً إلى البحر عادة).

يطهر الماء عبر طبقات، من الرُّمل والحصى، تحتبس ما به من أوساخ.

في المرشح الكيميائي يُضاف الشُّب (كبريتات الألومنيوم) والجير (هيدروكسيد الكالسيوم) فيتجان مادَّة لزجة (هي هيدروكسيد الألومنيوم) تحتبس مُشغلات الماء وترسبها.

يُفكَّج الماء خلف سد التجميع.



الميكروبات التي تبقى بعد عمليات الترشيح تُبَادَل في خُرانات التماسك بغاز الكلور الذي تُنتج فقاقيعه عبر الماء مدة ساعة تقريباً.

## تنقية المياه

الأنهار والبحيرات والآبار الجوفية هي خُرانات المياه الطبيعية، لكن يمكن تخزين كميات كبيرة منها في خزانات اصطناعية تقام على مقربة من المصانع والمنازل. قبل الاستعمال تُنقى مياه الخزان بتمريرها أولاً عبر مضخة كبيرة، لإزالة الأجسام الغريبة كالثقابات والأوساخ العالقة فيها، ثم تُرشح في مرشحات ضخمة من طبقات الحصى والرُّمل والكيماويات لإزالة الجسيمات الأصغر التي قد تُدخل ذواخل جدران الأنابيب أو تلحق الضرر بالتجهيزات الصناعية، أو تُعكر مياه الشرب. أما البكتيريا والفيروسات الضمرضة (أو المميتة أحياناً)، فتعالج بنفث فقاقيع غازات سامة لها في الماء كالكلور والأوزون.

لمنع البكتيريا من إعادة تلوث الماء، تُترك فيه مقادير قليلة من الكلور عندما يُضخ إلى المنازل.

تُستخدم كمية ضخمة من الماء في تصنيع سيارة.



ما تكلُّ الصناعات بحاجة إلى ماء نقي جداً، فبعضها، كخطوط توليد القدرة، يمكنها استعمال المياه غير النقية من الأنهار أو من البحر مباشرة.

## استخدام الماء في الصناعة

تستخدم الصناعة كميات كبيرة من المياه لتبريد الأفران حيث تجري العمليات الكيميائية المطيلة للحرارة، أو لتوفير الوسط المناسب لحدوث تسي التفاعلات، أو في توليد البخار لإدارة مضخة أو مولد كهربائي. والماء كذلك مُذيب فعَّال لكثير من المواد، مُحوِّلاً إيَّاه إلى محاليل مُخفَّفة سهلة المُتناول؛ كما يُستخدم لتنظيف المواد والمعدات والموقع.

شرب الليمون دوش قولان سيارة



## حفاظ ماء

تضخ سيارة واحدة يتطلب ٣٠٠٠٠ لتر من الماء، ويتطلب تحضير طن واحد من الفولاذ ٤٥٠٠ لتر. بالمقارنة فإن الدوش يستهلك قرابة ٣٥ لترًا من الماء، والمتر الواحد من شراب الليمون (المُرْكُز) ٨ لترات من الماء.

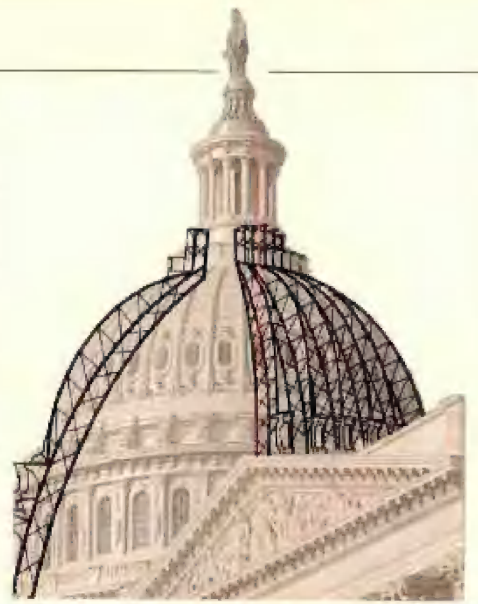
## لمزيد من المعلومات انظر

- تغيرات الحالة ص ٢٠
- المحاليل ص ٦٠
- فضل المزيجات ص ٦١
- كيمياء الماء ص ٧٥
- صناعة الكيماويات ص ٨٢
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦



# الحديد والفولاذ (الصُّلب)

لولا الحديد والفولاذ ما كَانَ يَتَسَرُّ لنا تَصْنِيعُ السَّيَّارات، ولا تَشْيِيدُ المَبَانِي الشَّاهِقَةِ ولا إِنْتَاجُ المَكَنَاتِ الَّتِي تَصْنَعُ لنا تَقْرِيبًا كُلَّ شَيْءٍ. فَالحديدُ أَرْخَصُ الفِلِزَّاتِ الَّتِي نَسْتَعْمِلُهَا وَأَهْمُهَا؛ وَهُوَ يُسْتَخْرَجُ من خَامَاتِهِ الصَّخْرِيَّةِ المَخْتَلِفَةِ، ثُمَّ يَحْوَلُ مَعْظَمُهُ إِلَى فُولاذٍ. وَالحديدُ، كالكثيرِ غَيْرِهِ من العنَاصِرِ نَشِيطٌ كِيمَاوِيًّا، فلا يَوجَدُ نَقِيًّا في الطَّبيعَةِ، بَلْ مُتَّحِدًا مع عَنَاصِرٍ أُخْرَى بِخَاصَّةٍ الأَكْسِجِينِ. في مَسَابِكِ الصَّهْرِ، تُحْمَى خَامَاتُ الحَدِيدِ في أَفرانٍ خَاصَةٍ مَعَ الحِجَارَةِ الكَلْبِيَّةِ وَفَحْمِ الكُوكِ، الَّذِي يَتَأَلَّفُ في مَعْظَمِهِ من الكَرْبُونِ، فَتُرَالُ الشَّوَابِثُ من خَامَاتِ الحَدِيدِ وَيَبْقَى الفِلِزُّ نَقِيًّا تَقْرِيبًا. وفي عَمَلِيَّةٍ تَالِيَةٍ يَحْضَرُ الصُّلْبُ (الفُولاذ) من هَذَا الحَدِيدِ بِضَبْطِ كَمِيَّةِ الكَرْبُونِ فِيهِ، وَأحيانًا إِضَافَةَ كَمِيَّاتٍ قَلِيلَةٍ من فِلِزَّاتٍ أُخْرَى كَالكَرْبُونِ وَالنِّيكَلِ إِلَيْهِ.



## حديد الصُّب (حديد الزَّهْر)

تَحْوِي قُبَّةُ الكَافُولِ في واشنطن العَاصِمَةِ ٤٠٠٠ طُن من حديد الصُّبِّ، وَكَانَتْ أَجْزَالُهَا المَخْتَلِفَةُ قَدْ صُنِّتْ مُسَبِّقًا في قَوَائِلِ خَاصَّةٍ.

## القرنُ العَالِي، قُرْنُ السَّفَعِ

يُسْتَخْرَجُ الحَدِيدُ من خَامَاتِهِ في أَفرانِ السَّفَعِ (أو اللَّفْحِ) يَغْلُو الضَّخْمُ مِنْهَا ٦٠ مِترًا وَيُنتِجُ ١٠,٠٠٠ طُن من الحَدِيدِ يَوْمِيًّا، عَامِلًا، دُونَ تَوَقُّفٍ، عَلَى مَدَى ١٠ سَاعَاتٍ مُتَالِيَةٍ. في هَذَا القُرْنِ تُسَفَّعُ المَوَادُّ الخَامُ، المُوَلَّغَةُ من خَامَاتِ الحَدِيدِ وَالحِجَارَةِ الكَلْبِيَّةِ وَفَحْمِ الكُوكِ، بِعَصْفَاتِ الهَوَاءِ الحَارِّ من أَسْفَلِ القُرْنِ. وَيَمَّا إِنَّ الكَرْبُونِ أُنْشِطَ فَاعِلِيَّةً من الحَدِيدِ، فَإِنَّهُ يَتَّحِدُ بِالأَكْسِجِينِ من خَامَاتِ الحَدِيدِ، مُبْنِعًا أَكْسِيدَ الكَرْبُونِ، تَارِكًا فِلِزَّ الحَدِيدِ وَرَاءَهُ.



### هنري بيسمر

الفُولاذُ أَكْثَرُ أَشْكَالِ الحَدِيدِ اسْتِعْمَالًا، وَقَدْ كَانَتْ عَمَلِيَّةُ إِزَالَةِ الكَرْبُونِ مِنْهُ بِاجْتِهَادٍ التَّكَلُّفَةِ. وَفِي عَامِ ١٨٥٦،

اِبتَكَرَ المَخْرُوعَ البَرِيطَانِيَّ، هِنْرِي بيسمر (١٨١٣-١٨٩٨)، طَرِيقَةً رَخيصةً لِإِزَالَةِ مُعْظَمِ الكَرْبُونِ؛ وَذَلِكَ بِتَلْقِيهِ الهَوَاءَ غَيْرَ السَّعْدَنِ المُنْصَهَرِ في مَحْوَلٍ يَحْوِلُ اسْمُهُ مَحْوَلُ بيسمر؛ فَيُرْبِلُ أَكْسِجِينُ الهَوَاءِ الكَرْبُونِ مِنْهُ.

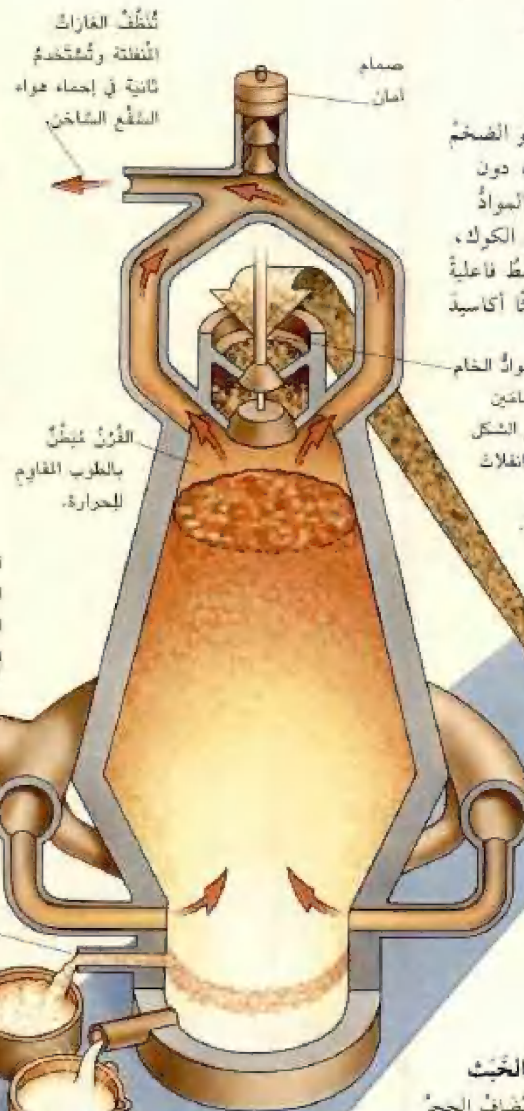
اِتَّبَعَتْ العَصْفُ خِلَالَ القُرْنِ يَانِيهِ بِهَوَاءِ السَّفَعِ الحَارِّ (الَّذِي يَكْتَسِبُ القُرْنُ اسْمَهُ مِنْهُ).

بِقَرَقَةٍ لِنَقْلِ الحَدِيدِ المُنْصَهَرِ

تَخْرُجُ الخَبَثُ المُنْصَهَرِ

### الشَّوَابِثُ

تَقَاوُذُ الحَدِيدِ المُسْتَخْرَجِ من القُرْنِ العَالِي (قُرْنِ السَّفَعِ) تَتَرَاوَحُ بَيْنَ ٩٠ وَ ٩٥ فِي المِئَةِ. وَالتَّيَانَةُ الرَّبِيبِيَّةُ فِيهِ هِيَ الكَرْبُونِ الَّذِي يَنْتَضِجُ الحَدِيدُ مِنَ الكُوكِ، تَكْبُرُ ضَلَالَةُ تَحَدُّنِ مِنْ مَتَانَتِهِ. لِذَا يُحْوَلُ مَعْظَمُ الحَدِيدِ إِلَى فُولاذٍ يَحْوِي أَثْلَ من ١,٧ فِي المِئَةِ من الكَرْبُونِ.



### الخَبَثُ

يُضَافُ الحَجَرُ الكَلْبِيُّ إِلَى القُرْنِ لِأَنَّهُ يَنْتَرِجُ وَيَتَّحِدُ بِالزَّمَلِ وَالصَّلْصَالِ وَالخَضَى في خَامَاتِ الحَدِيدِ، مُكَوِّنًا قُضَالَةً، تَدْعَى الخَبَثُ، تَطْلُقُ فَوْقَ المَعْيَدِ المُنْصَهَرِ.

### خَامِ الحَدِيدِ

حَجَرُ كَلْبِيٍّ

فَحْمُ الكُوكِ (المُحَضَّرُ)

بِإِحْمَاءِ القَصَمِ فِي مَحْوَلٍ عَنِ الهَوَاءِ.

## دَاخِلُ قُرْنِ السَّفَعِ

نَهْبًا التَّعَالُاتِ الكِيمَاوِيَّةِ دَاخِلَ القُرْنِ عِنْدَ سَفَعِ مَحْتَوَاتِهِ بِالْهَوَاءِ الحَارِّ جَدًّا، فَيَسْتَعْلُ الكُوكُ مُؤَلَّدًا فِي الْبَدَأِ ثَالِي أَكْسِيدِ الكَرْبُونِ. ثُمَّ أَوَّلُ أَكْسِيدِ الكَرْبُونِ - الَّذِي يَحْتَرِلُ أَكْسِيدَ الحَدِيدِ مُتَّحِدًا فِلِزَّ الحَدِيدِ وَثَانِي أَكْسِيدِ الكَرْبُونِ. وَبِهَذَا التَّعَالُ الإِحْرَارِي، تَرْتَفِعُ دَرَجَاتُ الحَرَارَةِ دَاخِلَ القُرْنِ إِلَى ١٩٠٠° س، فَيَنْصَهَرُ الحَدِيدُ وَتُجْتَمَعُ فِي القَاعِ.

## الحديدُ تَحْتَ المِجْهَرِ

عِنْدَ لَكَبِيرِ تَكْثِفَةٍ من حَدِيدِ الصُّبِّ ٢٠٠ مَرَّةً تَظْهَرُ فِيهَا بَلُورَاتُ الكَرْبُونِ (بِالْأَزْرَقِ). أَمَّا الخَلِيقَةُ الحَمْرَاءُ الْمَلِيسَةُ فِيهِ الحَدِيدُ (وَيُدْعَى القُرْبَتِ). بَلُورَاتُ الكَرْبُونِ تَجْعَلُ الحَدِيدَ قَصِيْفًا.









# النحاس

النحاس حوالتنا، وقد لا نراه، حيثما هنالك نور أو جهاز كهربائي. فجدراؤنا المبانى، ومختلف المؤسسات، وسقوفها تحوي أسلاكاً نحاسية توصل التيار إلى مختلف المقابس والتركيبات الكهربائية فيها. يوجد النحاس خاماً في الطبيعة بنقاوة تتراوح بين ٠,٥ إلى ١٪. وهذا يعني أن إنتاج النحاس العالمي، المقدّر بـ ٩,٦ مليون طن، يقتضي معالجة أكثر من ألف مليون طن من الخام الصخري لاستخراجه!

الكوكوبيريت خام كبريتيدي - يحوي النحاس مُشحّناً بالحديد والكبريت.



## إستخراج النحاس

يُستخرج معظم النحاس من خام كبريتيدي يحوي الحديد والكبريت والنحاس. يُضخّ الهواء الحار داخل الفُرن لفصل النحاس عن الحديد والكبريت اللذين يتفاعلا مع الأكسجين ليُكوّنا أكسيد الحديد وثاني أكسيد الكبريت تاركين فلزّ النحاس المنصهر في القاع. هذا النحاس يُعرف بالنحاس المُنقَط، تصل نقاوته إلى ٩٨ في المئة. وللنقاوة الكاملة يُصار إلى عملية الكَهْرَلَة (التحليل بالكهرباء) لإزالة الشوائب المُتبقية.



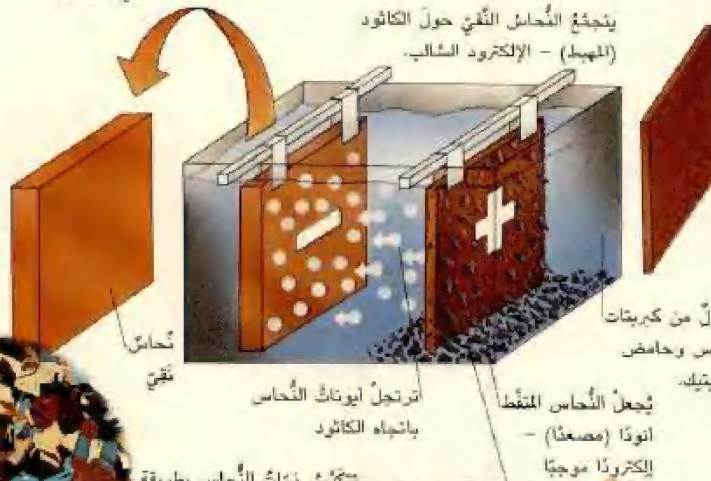
كاري إفرسون

## كاري إفرسون

تحوي الخامات مزيجاً من الفلزّات النقية والشوائب الصخرية. وقد ابتكرت المعلمة الأمريكية، كاري إفرسون، عام ١٨٨٦، طريقة لفصلها. لقد طوّعت الخام ومزجته بزيوت وحامض، فحصلت بذلك على زيوت رغائية تتعلّق في الفلزّات النقية وتطفو، بينما تترسّب الشوائب الصخرية في القعر.

## الكَهْرَلَة (التحليل بالكهرباء)

تُحقّ صفائح النحاس المُنقَط بالكَهْرَلَة، فتعلّق الصفائح كالكاثود مُوجِب (أو أنود) في محلول من كبريتات النحاس وحامض الكبريتيك. ويمرر الكهرباء عبر المحلول، يذوّب نحاس الأنود ويتجمّع نقيّاً حول الإلكترود السالب (أو الكاثود)، بينما تترسّب الشوائب كدُادة في القاع.



صورة مجهرية للنحاس

## إستعمالات النحاس

النحاس مُوصّل جيّد للحرارة والكهرباء. لذلك يُصنّع منه مختلف أنواع المقالي والطناجر، كما جميع أنواع أنابيب المياه الساخنة في المنازل والمصانع. كذلك يُستخدم النحاس لإصنع النابضات الكهربائية المختلفة.

كما يُصنع الصواعق وولقات المُحرّكات الكهربائية. والنحاس بطبيعته لا يصدأ بسهولة، فبدوم طويلاً.



## مُنتجات ثانوية في النحاس

المُغَبّ والفضّة والبلاتين فلزّات نفيسة تتواجد نقيّة في الطبيعة، لكن تُستخلص كمُنتجات مهينة من هذه الفلزّات من الكدادات الناتجة خلال كَهْرَلَة النحاس.



بلاتين

## لمزيد من المعلومات أنظر

- الفلزّات الانتقالية ص ٣٦
- سلسلة التفاعلية ص ٦٦
- الكَهْرَلَة (التحليل بالكهرباء) ص ٦٧
- المبائن ص ٨٨
- حامض الكبريتيك ص ٨٩
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦



# الألومنيوم

الألومنيوم أكثر الفلزات وفرة في الأرض، ويوجد في أنواع الصخور المختلفة؛ لكن معظم الألومنيوم يُستخرج من البوكسيت. وتكون الألومنيوم يتحد مع غيره من العناصر بسهولة فإن فضله كفلز نقي يتطلب قدرًا كبيرًا من الطاقة. فقبل أن يكتشف الكيمائيون طريقة رخيصة لاستخراجه، عام ١٨٨٦، كانت أسعاره تفوق أسعار الفضة والذهب بكثير. ونظرًا لخصائصه المتميزة، يُستخدم الألومنيوم اليوم في مختلف الصناعات - من الأواني المنزلية إلى الكبلات الكهربائية وأجزاء السيارات والطائرات.



في هياكل الدراجات

الألومنيوم سهل التشغيل والشكل، وهو في هياكل الدراجة الأنوبي يوفر لدراج السباقات ذراعة قاذفة الجعة.

طول الخلية الإلكترونية الواحدة ٩ أمتار وعرضها ٤ أمتار. وتنتقل أنودات الكربون في الكربوليت المنصهر.

يتم التآثر الكهربائي غائر الشائل طاردا الأكسجين من أكسيد الألومنيوم نحو الأودات (الإلكترونات الموجبة)

يتجمع الألومنيوم المنصهر حول الكاثود الكربوني الذي يُنتج قاع الخلية الإلكترونية وجوانبها.

يُخضع الألومنيوم ويُستخدم في صنع العديد من المنتجات، كما يُعاد تدويره بسهولة.



تكون البوكسيت خام الألومنيوم الرئيسي، بفعل التجوية وتفتت الصخور الحاوية لسليلكات الألومنيوم على مدى فترات طويلة.

## إستخراج الألومنيوم

يُستخرج الألومنيوم من البوكسيت بعملية باير متنوعة بالكهرلة. ففي عملية باير، يُعزج البوكسيت مع الصودا الكاوية ويُسخن، فينتج عن ذلك بلورات سكرية الشكل من أكسيد الألومنيوم النقي. ثم تذاب هذه البلورات في الكربوليت (الومينات الصوديوم الفلوريدية) المنصهر. ومن ثم تنفك هذه البلورات بالكهرلة إلى ألومنيوم وأكسجين.



يستخدم هذا الدولار الضخم لاحتجاز البوكسيت من قشرة الأرض.

يكثر خام البوكسيت إلى قطع صغيرة.

يُضاف هيدروكسيد الصوديوم إلى البوكسيت ثم يُضخ إلى خزان كبير يُدعى الهضام.

الضغط العالي والحرارة يُمكنان هيدروكسيد الصوديوم من هضم البوكسيت (أي تفكيكه إلى شقوقاته). فيذيب أكسيد الألومنيوم، من الخام، شقوقًا مخلوطة من الومينات الصوديوم، بينما يُزيل المرشح الشوائب غير الذوابة.

## كيمائيان مُزايان

في عام ١٨٨٦، اكتشف الكيمائيان الشابان تشارلز مارتن هول (١٨٦٣-١٩١٤)، التلميذ في معهد أوبرلين في الولايات المتحدة الأمريكية، و.ب.ل.ت. هيرولت (١٨٦٣-١٩١٤)، الكيمائي الشاب الذي كان يعمل في فرنسا - اكتشافا مستقلين الطريقة الكهربائية لاستخراج الألومنيوم. فخفض اكتشافهما ثمن الألومنيوم إلى جزء من ثمن الفضة في غضون أربع سنوات. ومن غرائب الصدفة أنهما لم يتوصلا إلى اكتشافهما

ذاك وهما في العمر نضيه فقط، بل إنهما مانا في العام نفسه، بغاري ثمانية أشهر واحدهما عن الآخر.



## إستعمال الألومنيوم

عندما يتعرض سطح الألومنيوم لأكسجين الهواء، تتكون طبقة سميكة من أكسيد الألومنيوم، تمنع عنه الهواء وتوقف تآكل السطح بالصدأ. والألومنيوم فلز متين وخفيف وموصل جيد للكهرباء، لذا يُستخدم في صنع أجزاء الطائرات والسيارات والشاحنات والكبلات الكهربائية.



### لمزيد من المعلومات أنظر

- الفلزات الوضعية ص ٣٨
- سلسلة التفاعلات ص ٦٦
- الكهرلة (التحليل بالكهرباء) ص ٦٧
- صناعة الكيمائيات ص ٨٢
- السيارات ص ٨٨
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦



## السبائك

كان من مُعِيقَات المُحَارِبِ القديم قَبْلَ عَصْرِ الحَدِيدِ (ق.ب ١٠٠٠ م.) اضطراره لِلتَوَقُّفِ عَنِ القتَالِ خِلَالَ المعركة لِتَقْوِيمِ سَيْفِهِ البرونزي - عِلْمًا أَنَّ البرونز أَكْثَرُ صِلَادَةً مِنَ النُّحاس؛ إِنَّ مُعْظَمَ الفِلِزَّاتِ النَقِيَّةِ هِيَ فِلِزَّاتٌ ضَعِيفَةٌ لَيِّنَةٌ، لَكِنْ عِنْدَمَا يُمَزَّجُ فِلِزَّانِ طَرِيَّانِ فَالسَّبِيكَةُ الناتجة أَصْلَبُ مِنْ كُلِيهِمَا. وَتَتَغَيَّرُ خِصَائِصُ السَّبِيكَةِ بِتَغْيِيرِ كَمِّيَّاتِ الفِلِزَّاتِ الدَّاخِلَةِ فِي مَزِيجِهَا. وَتَتَأَلَّفُ مُعْظَمُ السَّبَائِكِ مِنْ فِلِزَّيْنِ أَوْ أَكْثَرٍ، لَكِنْ بَعْضُهَا قَدْ يَحْوِي لَافِلِزًا كَالكَرْبُونِ، كَمَا هِيَ الْحَالُ فِي سَبَائِكِ الْفُولَادِ.



### السبيكة الأولى

مِنذُ حَوالِي ٦٠٠٠ سَنَةٍ، اكْتَشَفَ النَّاسُ أَنَّ النُّحاسَ يَزْدَادُ صِلَابَةً عِنْدَ مَزْجِهِ بِالْقَصْدِيرِ - وَقَلَى اسْتِعْمَالِ تِلْكَ السَّبِيكَةِ الْبرونزية عَلَى مُجَلِّ الاستِخْدَامَاتِ المَعْدِنِيَّةِ حِينَئِذٍ حَتَّى دُعِيَ ذَلِكَ الْعَصْرُ بِالْعَصْرِ الْبرونزي.

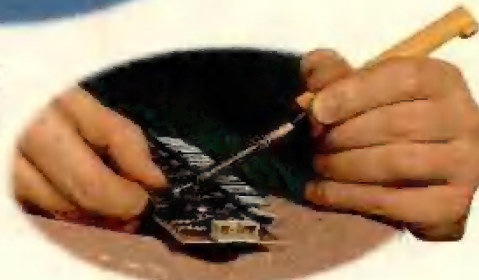


إِنَّ عَوَاجِزَ الْأَلومِنِيومِ بِالْمَغْنِيسِيومِ وَالنُّحاسِ يُوقِّضُ هِيكَلًا خَفِيفًا لِلطَّائِرَاتِ - هُوَ مِنَ الْقُوَّةِ وَاللِّتَانَةِ بِحَيْثُ يَصْنَعُ لِشَرَعَةِ الرِّيحِ الْعَالِيَةِ وَصَدْمَاتِ الْحَمَلِ.



### درجات الحرارة العالية

تَقَطَّعُ لُحْدَةُ النَّبِّ سَارَهَا غَيْرَ الْمَوَادِّ السُّلْبَةِ، مُدَوِّمَةُ آلَاتِ الصَّرَّاتِ فِي الدَّقِيقَةِ، وَتَوَفِّرُ سَبِيكَةً كَرِيدَ التَّنَجُّسِ الَّتِي تَزِيدُ دَرَجَةَ انصِهَارِهَا عَلَى ٢٩٠٠° مِ الصِّلَادَةِ لِلْقِيَامِ بِذَلِكَ.



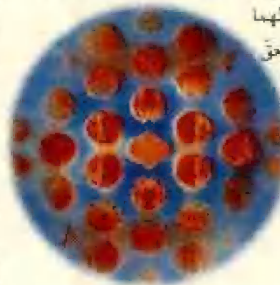
### درجات الحرارة الخفيفة

سَبِيكَةُ اللَّحَامِ الَّتِي هِيَ مَزِيجٌ مِنَ الْقَصْدِيرِ وَالرِّصَاصِ مِثَالِيَّةٌ لَوَسْطِي طَرَفَيْنِ فِلِزَّيْنِ بَعْضُهُمَا مَعَ بَعْضٍ، إِذْ إِنَّ دَرَجَةَ انصِهَارِهَا أَخْفَضُ مِنْ كِلَا دَرَجَتَيْ انصِهَارِ فِلِزَّتَيْهَا الْفَتِيلِ، فَهِيَ إِذَا تَوَلَّفَتْ جِسْرًا بَيْنَ الطَّرَفَيْنِ اللَّذَيْنِ تَرْتَبِعُهُمَا دُونَ أَنْ تَلْعَقَ الضَّرَرُ بَائٍ



### سبيكة الأسنان

يُسْتَعْمَلُ أَطْيَاءُ الْأَسْنَانِ الْمُطْلَقُ - وَهُوَ سَبِيكَةٌ مِنَ الزُّنْبُقِ وَالنَّصْفَةِ وَالْقَصْدِيرِ وَالْخَارَصِينِ وَالنُّحاسِ - فِي خِطْرِ الْجَاوِفِ السَّنِّيَّةِ. وَهَذَا الْمُطْلَقُ يُكَمِّنُ تَشَكُّلَهُ، كَالْمَعْجُونَةِ، لِتِلَاقَمَ مَعَ كِفَافِ الْأَسْنَانِ قَبْلَ أَنْ يَصْلُبَ.



فِي الْمُحَرَّكَ النَّفَّاتِ، تَتَبَيَّنُ شَفَرَاتُ التَّرْبِيحِ فِي مَوَاقِعِهَا بِوَاسِطَةِ أَقْرَاصٍ تُصَنِّعُ مِنْ سَبِيكَةٍ فَائِقَةٍ تَتَأَلَّفُ مِنْ ١١ عَصْرًا مِنْهَا النِّيكلُ وَالتِّيْتَانِيومُ.

### سبائك الطائرات

تُطَلَّبُ هِيَاكُلُ الطَّائِرَاتِ النَّفَّاتَةِ سَبَائِكٌ خَفِيفَةٌ لَجْعَلِ الإقْلَاعَ سَهْلًا وَاسْتِهْلَاكَ الْفُولَادِ خَفِيفًا. كَمَا تَطَلَّبُ مَحْرَكَاتُهَا سَبَائِكٌ خَاصَّةٌ تَصْمَدُ لِدَرَجَاتِ الْحَرَارَةِ الْعَالِيَةِ. إِنَّ شَفَرَاتِ التَّرْبِيحِ فِي مُقَدِّمَةِ الْمَحَرَّكِ مِثْلًا، الَّتِي تَدَوِّمُ بِسُرْعَةٍ كَبِيرَةٍ، تُسَفِّطُ الْهَوَاءَ إِلَى الدَّاخِلِ عَلَى دَرَجَاتِ حَرَارَةٍ تُصَلُّ إِلَى ٦٠٠° مِ.

### صنع السبائك

تُصَنِّعُ مُعْظَمُ السَّبَائِكِ بِضَهْرِ الْفِلِزَّاتِ وَمَزْجِهَا بَعْضُهَا مَعَ بَعْضٍ - شَرْطٌ أَلَا يَبْدَأُ أَحَدُ الْفِلِزَّيْنِ بِالْعَلْيَانِ قَبْلَ أَنْ يَنْصَهَرَ الْآخَرُ - فَهِيَ صُنْعُ النُّحاسِ الْأَصْفَرِ مِثْلًا، يُسَفِّطُ الْخَارَصِينَ الْحَاجِدِينَ فِي النُّحاسِ الْمَنْصَهَرِ. أَمَّا إِذَا أَحْيَا مَعًا فَإِنَّ الْخَارَصِينَ قَدْ يَنْبَغِي كُلُّهُ قَبْلَ انصِهَارِ النُّحاسِ.

يَذَوِّبُ فِلِزًّا السَّبِيكَةَ وَاحِدَةً فِي الْآخَرِ. وَتَمَزَّجَ ذَرَاتُهُمَا بِخُرْقَةٍ وَتَشَابَهٍ مَعًا لِتَشَكُّلِ بُلُورَاتٍ قَوِيَّةٍ عِنْدَمَا تَبْرُدُ.

### لمزيد من المعلومات أنظر

- الترابط الكيميائي ص ٢٨
- الفيلزات القلوية ص ٣٤
- الفيلزات الانتقالية ص ٣٦
- الفيلزات الوضيعة ص ٣٨
- مبيلة التناحلية ص ٦٦
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦



# حامض الكبريتيك

العلاقة المشتركة بين الأسهدة والدهانات والمتفجرات والمُتَظَفِّات هي أن حامض الكبريتيك يدخل في تصنيع كل منها. فحامض الكبريتيك من المواد الهامة جدًا للصناعة بحيث قلما ترى حولك شيئاً لم يدخل هذا الحامض في صناعته. حامض الكبريتيك لا يتواجد طبيعياً، بل يُصنَّع، ويبلغ ما يُنتَج منه سنوياً قرابة ١٥٠ مليون طن. ومما يجعلُ تصنيعه قليل التكلفة أن الحرارة المهدورة في إحدى مراحل عملية تحضيره يمكنُ استخدامها كمصدرٍ حراريٍّ للمرحلة التالية.

الكبريت هو المادة الأولية الرئيسية لشتع حامض الكبريتيك إضافة إلى الماء والهواء.

حرارة بخار الماء المشاري في الأنبوب المولب تصهر الكبريت قبل أن يُرَدَّ في داخل الفرن.

## المبادل الحراري

يُشغّل الهواء الجاف إلى داخل الفرن فيتم أكسجونه الهواء بالكبريت مؤلفاً غاز ثاني أكسيد الكبريت.

في المَحْوَل ثَراء كَثِيفاً إضافية من الأكسجين لتحويل ثاني أكسيد الكبريت إلى ثالث أكسيد الكبريت.

## المَحْوَل

## جان أنطوان شيتال

في القرن الثامن عشر أخذت المصانع تُستخدم حامض الكبريتيك في شُغْل الجنس والأصباغ والأزهار. ولحظ الكيميائي الفرنسي، جان أنطوان شيتال (١٧٥٦-١٨٣٢) الحاجة إلى تصنيع حمض الكبريتيك على نطاق واسع لاستخدامه في تلك الصناعات وسواها من الصناعات المتسارعة النمو. وقد تم له في الفترة بين ١٧٨٠ و ١٧٩٠ إقامة أول مصنع لإنتاج حامض الكبريتيك تجارياً في مونييه، فرنسا.

## جهاز الامتصاص

يشغل ثالث أكسيد الكبريت غاز زوالاً من حامض الكبريتيك الذي يمتصه لينتج حامضاً مركزاً مُتَحَمَّلاً يُدعى الأوليوم.

كيميائياً يمكن إضافة ثالث أكسيد الكبريت إلى الماء مباشرة لإنتاج حامض الكبريتيك. لكن التفاعل يكون غثيقاً وخطراً.

يُخَفَّف الأوليوم (حمض الكبريتيك المدخن) بالماء للحصول على حامض الكبريتيك بالتركيز المطلوب.

## تصنيع الحامض

هناك ثلاث مراحل في تصنيع حامض الكبريتيك. ففي المرحلة الأولى، يُحَمَّى الكبريت والهواء لتحضير ثاني أكسيد الكبريت. وفي المرحلة الثانية التي تُعرفُ بطريقة الثلاثس، يُفَرَّج ثاني أكسيد الكبريت مع الهواء لإنتاج ثالث أكسيد الكبريت. وأخيراً، يُذاب ثالث أكسيد الكبريت في حامض الكبريتيك ليؤكَّد حامض الكبريتيك المدخن (الأوليوم)، الذي هو شكل فائق التركيز من حامض الكبريتيك.

## استعمالات حامض الكبريتيك

حامض الكبريتيك مهم جداً في الصناعة لأنه يتفاعل بسرعة مع المواد الأخرى، مُزِيلًا الغُزَّات والأكسجين والماء والمواد الأخرى غير المرغوب فيها. وفضلاً عن استعماله في تصنيع العديد من الكيماويات، يُستخدم حامض الكبريتيك في بطاريات السيارات وفي تكرير النفط وتنظيف الغُزَّات.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الكبريت ص ٤٥
- الحفازات ص ٥٦
- الأكسدة والاختزال ص ٦٤
- الحوامض ص ٦٨
- الأمونيا ص ٩٠

## الرايون (الخيزر الصناعي)

يُصنَّع الرايون من عجينة الخشب مذابة في مزيج من الماء والصودا الكاوية وناي كبريتيد الكربون. ويُدفع السائل الحاصل للزج (الفسكوز) عبر هذا الرأس المثقب (به ١٠ آلاف ثقب) إلى مغسول من حامض الكبريتيك فيصطب خيوطاً.





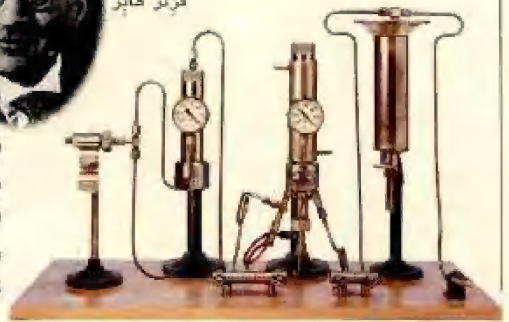
پترو و جیپین  
پترو و جیپین

فرمانروایان



كارل بوش

في عام ١٩٠٨، استخدم الكيميائي الألماني، فريتز هابر (١٨٦٨-١٩٣٤)، الجهاز المصمم (إلى اليمين) لإنتاج الأمونيا. ولم يكن تفاعل النيتروجين مع الهيدروجين عملية سهلة، لكن هابر نجح في تهيئة الظروف اللازمة مخبرياً لإحداث التفاعل. وبعد خمس سنوات، طور الكيميائي الصناعي الألماني، كارل بوش (١٨٧٤-١٩٤٠)، جهاز هابر المخبري إلى الحجم الصناعي. فكانت عليه أن يصمم معدّات ضخمة ومتينة تتحمل الضغوط العالية ودرجات الحرارة المرتفعة اللازمة لتصنيع الأمونيا.



جهاز هابر لصنع الأمونيا

صُنِعَ الْأُمُونِيَا

تُصَنِّعُ الْأُمُونِيَا الْيَوْمَ فِي مُصَانِعَ لَا تَزَالُ  
تَعْتَمِدُ التَّصَانِيعَ الْأَسَاسِيَّةَ الَّتِي وَضَعَهَا  
بُوشُ. وَعَمَلِيَّةُ التَّصْنِيعِ مُعَقَّدَةٌ مُتَعَدِّدَةٌ  
الْمَرَاهِلُ، مِنْ جَمِيعِهَا تَقْبِيَةُ الشَّرُوجِينِ  
وَالهَيْدُرُوجِينِ. أَمَّا الْمَرْحَلَةُ الْأَكْثَرُ  
أَهَمِّيَّةً فَهِيَ تَحْوِيلُ الْغَارَيْنِ إِلَى أُمُونِيَا،  
وَكَانَ بُوشُ قَدْ أَجْرَى ٦٥٠٠ تَجْرِبَةً  
لِيَجِدَ أَنَّ الْحَدِيدَ هُوَ الْحَقَارُ الْأَفْضَلُ  
لِتَسْرِيعِ التَّفَاعُلِ بَيْنَهُمَا.

استعمالات الأمونيا

فصلًا عن أهميتها في تصنيع الأسمنت  
فَلَا تُؤْمِنُهَا اسْتِعْمَالَاتُ أُخْرَى مُتَعَدَّةٌ  
- إذْ تُتَوَلَّى عُمُومَاتٌ كَبِيرَةٌ مِنْهَا لِإِتْجَاعِ  
حَامِضِ التُّرْبِكِ. وَهَذَا التَّحْمُضُ  
أَسَاسِيٌّ فِي صِنَاعَاتِ التُّيْلُونِ  
وَالزُّبَيْشِ وَالتَّلَاقِيهِ وَالتَّصْنِيعَاتِ  
وَوَقْدِ الصُّورَاخِ، كَمَا نُسْتَعْمِدُ  
الْيُورِيَّاتِ الْمُصْنَعَةَ مِنَ الْأُتُونِيَا وَنَائِي  
أَكْسِيدِ الْكَرْبُونِ، كَعَدَاةٍ تَكْمِيلِيَّةٍ  
لِلْحَيَوَانَاتِ الْمَذَاجَةِ، وَفِي  
تَصْنِيعِ اللَّدَائِنِ.

من خُمُضٍ إِلَى سَمَادٍ

نستخدم المزارعون أملاح الأوتيوم كسماد كيماوي.

وَتُفْضَعُ هَذِهِ الْأَمْحِلَاحُ بِمَرْجِ الْأَمْوِلِاحِ  
مَعَ حَمَضِ الشَّرِيكِ السَّاحِنِ، ثُمَّ  
يَبْدَأُ الْمَحْلُولُ مِنْ أَعْلَى يُرْجِ رَشٌّ  
لِتَسَاقُطِ الْقَطْرِاتِ فِي تَبَارِ صَاعِدِ  
مِنَ الْهَوَاءِ الْبَارِدِ مُكَوَّنَةً حَبِيبَاتٍ  
مُكَوَّرَةً مِنْ بُرَاتِ الشَّادِرِ.



شیلون

حفظ المصنف

الاستعمالات  
الآخري

مصانع الامونيا الحديثة ضخمة ومعقدة في  
التجهيزات المبنية اعلاء تتم إزالة ثاني اكسيد  
الكربون من الهدروجن - وما هذه إلا إحدى المراحل  
في تحضير إحدى المادتين الأوليتين من الميثان.

بَيْنِيَّاتٍ يَتَخَوَّلُ أَقْلٌ مِنْ ثَلَاثِ الْهَدُوجِينَ  
وَالْمُخْرُوجِينَ إِلَى أُمُونِيَا. لَكِنْ يُعَادُ تَدْوِيرُ الْبَقَايَا  
الْمُتَمَاعِلَةِ مُكَرَّرًا حَتَّى تَنْتَهِجَ الْأُمُونِيَا.

— يتروحين نقى

يُذْفَعُ الْغَارَانِ  
السَّاحْضَانِ عَيْرِ  
حَجْرَةٍ حَقِيرٍ يَبْلُغُ  
ارتفاعها ٢٠ متراً.

حُجْرَةٌ  
الْقَبْرِ

مُزِدَّ الْغَارَاتِ حَتَّى تَقْسِيْلَ  
الْأَمُونِيَا وَيُمْكِنُ إِفْرَاقُهَا.

عندما يفسق  
الغاران الشاخنان  
الحقار (كروان الحديد الصغيرة في حجرة الخنزير)  
تجاذب جرميهما وتتفاعل لتنتج الامونيا.

الغازان بضغط فوق  
ضغط الهواء بـ  
٣٥ مرة ويخسبان  
إلى ٤٥٠ س.

المزيد من المعلومات أنظر

التراث الطب الكيمائي ص ٢٨
التدوين ص ٤٢
التدوين ص ٤٧
الحقائرات ص ٥٦
حقائق ومعلومات ص ٤٠٦



# الكيمياء الزراعية

كثير من الطعام الذي نتناوله نتج أو أنتج بمساعدة الكيماويات التي توفرها الصناعات الكيماوية - من أسمدة تحوي معادن مختلفة لا يزدهر نمو النباتات، أو تزدهر غلاتها وتزكو، بدونها، إلى كيماويات تتحكم في إنضاج الثمار كي لا تفسد قبل أكلها، إلى مُعَدِّيات كيماوية إضافية تُسرِّع وتُعزِّز نمو الحيوانات الداجنة وتجنُّبها الأمراض. غير أن كثيراً من الناس تقلقهم كمية الكيماويات المُستخدمة في إنتاج الأطعمة. فتزايد استخدام الأسمدة الكيماوية مثلاً يؤدي إلى تلوث المياه، كما إن بعض المبيدات قتال للنباتات والحيوانات غير المؤذية ويُعرض البيئة وصحة الناس للخطر.



## الأطعمة الكيماوية

بالإضافة إلى طعامها الطبيعي، تُعطي حيوانات المزارع خبثات مُعدية من الكيماويات تحوي نتروجيناً إضافياً يُساعد في تغريتها وتسريع نموها.

## مبيدات الحشرات

يُقتل المبيد الحشرات بإحدى طرق ثلاث - مَشَا - مبيدات الناس أو سُبا بالسموم المُعدية، أو احتشاقاً بالمُتَحَنَات السامة.

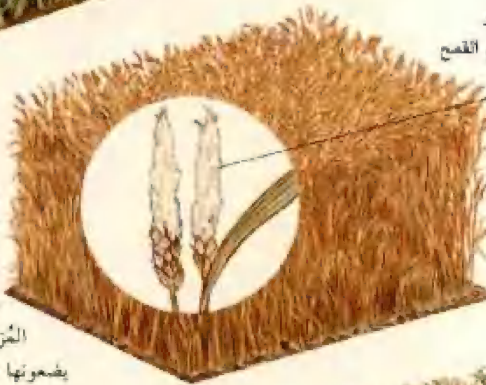


تفكك الحشرات / بمزروعات الذرة.

قد تتلف الفطر محصول حقل القمح بكامله.

## مبيدات الفطر

مبيدات الفطر كيماويات عضوية، قد تحوي الخواصين والمنغيز والنيحاس، يُرشها المزارعون على مزروعاتهم أو يضعونها في التربة. وبذلك تمنع الفطريات من الانتشار وإثلاف كامل المحصول.



تحرق الأعشاب الضارة النباتات الأخرى من الحيز ومن الطعام.

## مبيدات الآفات

كل كائن حي يُعطل نمو المزروعات أو الماشي يدعى آفة. فقد تكون الآفة عشباً تنافس المزروعات على الفضاء والماء والمعادن، أو فطراً يدمر خبوطه الماصة عبر أنسجة النبات فيتلغها، أو حشرة تُفصم مساراتها خلال أوراق النبات وتُماره وجذوره، ولتقليل أعداد هذه الآفات والحذ من أضرارها يعتمد المزارعون لاستخدام المبيدات - وهي كيماويات مُصممة لتعطيل واحد أو أكثر من التفاعلات الحيوية في جسم الآفة.



## مبيدات الأعشاب الضارة

المبيدات تقتل الأعشاب الضارة بطرق متنوعة. فبعض المبيدات يُعطل عملية التخليق الضوئي فيجرح الأعشاب من تخليق غذائها. وتعمل مبيدات أخرى بتسليم خلايا النسيج الإنشائي في رؤوس جذور تلك الأعشاب وبراعم أغصانها.

## كيماويات لتعزيز المحاصيل

توفر الأسمدة شتى المعادن التي تحتاجها النباتات. ولكل معدني تأثيره الخاص في تعزيز النماء الخضرياً أو إنشائياً. واختبار تأثير سماد معين في هذا الصدد، يقوم المزارعون بمقارنة نمو وغلّة مجموعتين من النباتات سُدت إحداهما بالسماد المعين.



## الزراعة

### العضوية

لا تتلقى زروع ومواشي المزرعة العضوية أي كيماويات اصطناعية - غش (مُحلل) بحري لا كاشملي.

ولا كمُعدِّيات إضافية. فالمزارعون العضويون يعالجون التربة بالأسمدة الطبيعية (كالزبل) لتوفير المعادن اللازمة لمحاصيلهم. كما يعتمدون أسلوب تناوب الزروع سنوياً في حقولهم لتجديد الزروع المُداورة على التوالي من مختلف المعادن الموجودة في السُما. وهذا الأسلوب يقطع أيضاً دورة حياة الآفات الزراعية ويخفّض أعدادها. أما المُعَدِّيات الإضافية فتحصل عليها حيوانات المزرعة العضوية من الكيماويات الطبيعية المتواجدة في الأعشاب والطحالب البحرية.



## لمزيد من المعلومات انظر

- الفلزات القلوية ص ٣٤
- النيتروجين ص ٤٢
- الكبريت ص ٤٣
- الفلويدات والقواعد ص ٧٠
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦



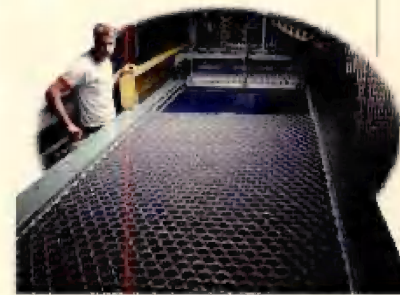
# صناعة الأغذية

لعلَّ مُعظمَ ما تناولته من طعام اليوم كان قد جُمع من حقل أو مزرعة قبل عدَّة أسابيع أو حتى أشهر، لكنَّه لا يزالَ جيِّدا طيِّب المذاق. فِصناعة الأغذية تعالجُ الكثيرَ من أطعمتنا بالكيمائيات ليَبقى سليماً صالحاً للأكل - منظرًا ومذاقًا. وهو بدون ذلك مُعرَّضٌ لِتسرُّب الميكروبات (كالجراثيم والفطريات) التي تُسرعان ما تفسدُه مُحيلاً إياه، كُلَّه أو بعضه، إلى مُركَّبات كريهة المذاق والمنظر، وربما سامة أيضًا. لقد بدأ الإنسانُ معالجة الأغذية بالتعليق والتجفيف والتدخين منذ آلاف السنين ليحفظها قوتًا له في أشهر الشتاء العجاف. واليوم، تقدَّمت صناعة الأغذية ووسائل نقلها بحيث غدت متاجرنا تُعرضُ مُختلف أنواع المأكولات، من سائر أنحاء العالم، على مدار السنة.



## التجفيد (التجفيف المُجمَّد الخوائي)

يعتمدُ رِزادُ القضاء على الطعام المُجمَّد. ففي طريقة التجفيد، يُجمَّد الطعام أولًا ثم يُجفَّف على ضغط خفيف. يمكنُ جفِّط الطعام المُجمَّد على درجة حرارة العُرف، لأنَّ الجراثيم لا تستطيع العيش بدون ماء.



## التعليق

تُجاهدُ في الحوانيت والمتاجر، صغيرها وكبيرها، أيضًا من الأغذية المُعلَّبة، المضمونة الجودة والمُلاحية لشِدو طويلة. ففي طريقة التعليق، الأكثر شيوعًا لحفظ المأكولات، تُغلى الأطعمة الطازجة مُنيهاً أولًا لِتُخلَّص من أنزيماتها، ثم تُعلَّب وتُسخَّن لِإعادة الجراثيم؛ وأخيرًا، تُختم العَلَب جيِّدًا لمنع وصول الأكسجين والجراثيم إلى محتوياتها.



## التجميد السريع

الجراثيم لا تستطيعُ الاغذية والتكاثر في طعام مُجمَّد. في التجميد المائي، تُمرَّر موادُّ الطعام الصغيرة، كالبيسلي على سُرِّ نافلة فوق عُضَلٍ من الهواء البارد (-٣٤° س). فتتأقَّرُ حبوبُ البيسلي في الهواء بحرية بعضها فوق بعض، كالجسيمات في مائع، وتتجمَّد في دقائق معدودات.



نُقل الحليب  
مُباشرةً إلى معامل الرَبدة  
والجبن



## البُسْترة

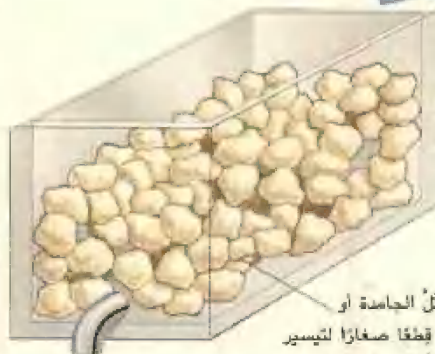
الغليان يقتلُ الجراثيم، لكنَّه يُثبِّت بعض المُعدَّيات أيضًا. أمَّا في البُسْترة، فتُخفَّى السوائل، كالحليب، إلى درجة ٧٠° س لمدة ١٥ ثانية ثم تُبرَّد بسرعة. بهذه الطريقة تُبَاد الجراثيم وتُحفظ النكهة.

## من حليب إلى جبن

الحليب محلول مائي يحوي بروتينًا وسُكَّرًا وفيتامينات ومعادن وقطرات من الدُّهن تجعله أبيض اللون. غير أنَّه يحوي أيضًا بعض البكتيريا التي تقتلُ وتتكاثر فيه، مُحوِّلة إياه إلى سائلٍ حمض في بضعة أيام. وقد اكتشفت أسلافنا منذ القدم إمكانية جفِّط المُعدَّيات في الحليب بتحويله إلى جبن. اليوم، نعرف أنواعًا عديدة من الجبن، لكنَّ مُعظمها يُنمَّر في إنتاجه بالمراسل الأساسية ذاتها.

تُلمَّع الحُثَّارات وتُضغَط لإزالة ما تبقى بها من نصل. ثم تُشكَّل الحُثَّارات في قوالب وتُخزَّن على رفوف باردة حتَّى تتضغَّع إلى جبن.

يُدغَّ الحليب وتُضاف إليه المُنقحة (المُستخرجة من بعد العجول). تحوي المُنقحة أنزيمًا يدعى الرنين (المنقح) الذي يُثدِّر قسماً من الحليب إلى كتل جامدة.



تُلمَّع الكتلُ الجامدة أو الحُثَّارات قطعًا صغيرًا لتيسير تصريف المصل. ويُستفاد من نصل اللبن هذا طعامًا لحيوانات المزرعة.





## مُضافات الأطعمة

إعداد الوجبات الخفيفة، كالمبجبة هنا، وتناولها لا يستغرق طويلاً. غير أن هذه الوجبات تحوي نسباً عالية من الدهون والسكر وغالباً ما تكون مقوماتها معالجة بالكيماويات والمُضافات. لذا ينبغي اللجوء إليها عند الاقتضاء فقط. صناعة الأغذية تستخدم المضافات لمنع فساد الطعام قبل أكله. وقد تُضفي عليه منظرًا جذابًا ومذاقًا طيبًا. وهناك البنات من مختلف المُضافات، بعضها طبيعي والبعض الآخر اصطناعي.

## المُكثفات

بعض المشروبات، كالكولا، تحوي مُكثفات كيماوية طبيعية تزول نكهتها بالزيت مع الزمن. لذا يُصار إلى الكيماويات الاصطناعية ذات المذاق الأحد والأقل عرضة للفساد كالمكثفات الكيماويات الطبيعية.

## المُستحلبات

الدهن والماء لا مزوجين، فسرعاناً ما يفصل خليتهما. غير أن المُستحلبات، كاللبين (المُخمر) من صفار البيض، تبقي على تماسهما كما في اللبن الرائب والشوكولاتة والموزة.

## معالجة الأطعمة

٤٠٠٠ ق.م. استخدم التلميح والتدخين والتجفيف في حفظ الأطعمة.  
٣٠٠٠ ق.م. استخدمت الخبيرة في صنع المشروبات الكحولية بالتخمير.  
٢٠٠ ق.م. استخدمت الكهرباء المُخترة في صنع اللبن الرائب بالتخمير.  
١٨١٠ اكتشف نقولا فرانسوا أبير (١٧٥٢-١٨٤١) طريقة لحفظ الطعام في أوعية محكمة السد. ومن هذا الاكتشاف تطورت صناعة التعليب.  
١٨٦٠-١٨٧٠ ابتكر لويس باستور (١٨٢٢-١٨٩٥) طريقة لقتل البكتيريا الضارة في النبيذ والخبيرة.  
حوالي ١٩٢٠ طور كلاركس يرفزاي (١٨٦٦-١٩٥٦) طريقة لتجميد الطعام بسرعة.

## مُضافات التأكسد

تفاعل الدهن مع الأكسجين فتولد حموضاً كريهة الطعم والرائحة تُفسد الطعام. وتستخدم مُضافات التأكسد لمنع هذا التفاعل. ومن هذه المُضافات هيدروكسي التولوين البيوتيلي الذي يمنع تفاعل الدهن في رقائق الدرة.

في حُر الشطائر، يمنع فيتامين ج (حمض الأسكوربيك) تفاعل الأكسجين مع الدهن النخب.

القواعد الكيماوية، مثل بيكربونات الصوديوم والامونيوم، في البسكويتات تُحسّن نكهتها وتضفي عليها التفرات اللينة والحضبة.

فنظف الحلوى والساكر الملونة اصطناعياً يُعطي بتناولها.

## الحفاظ

الألواح والسكر تُسَمّن الحراشيم والمُفطرات وتقلّلها. لذا يُضاف نترات الصوديوم إلى النقانق، وسوربات البوتاسيوم إلى صالحة البندورة الحرة. فأمثال هذه الحوافظ تصون الطعام طويلاً. يبقى بوق المشح مخزنة الإلكترونيات مركزة في مساحة ضيقة من وحدة المعالجة.

مذقة إلكترونية تُطلق إلكترونات عالية الطاقة.

## الملونات

الخُطب الطبيعية قد تفقد تاركة الطعام باهتاً وغير مُشوّ. لكن الملون الطبيعي، مثل كاروتين بيتا، المُستخرج من الجزر، يحفظ لغير التفتت لونه البرتقالي.

## التشعيع

تستخدم هذه الطريقة الإشعاعات التي تخترق الأطعمة فتقتل ما فيها من متعضيات. لكن تشعيع الثمار والخضار يبطئ نُضجها ويوقف نموها. كما أن التشعيع يُغيّر جزيئات الطعام ذاته، وقد يُلّف الفيتامينات والمغذيات الأخرى فيه. لذلك، وبسبب الخوف من ارتفاع مستوى النشاط الإشعاعي في الأغذية المُعالجة، يبقى تعريض الأغذية للإشعاع تقنية مُثيرة للجدل والخلاف.

خلايا الخميرة الدقيقة

تُسَيّر الأغذية على غير الناقلة بالسرعة المصنوعة لتتلقى الجرعة المصنوعة من الإشعاع.

## لمزيد من المعلومات انظر

النشاط الإشعاعي (الفاعلية الإشعاعية) ص ٢٦  
الأكسدة والاختزال ص ٦٤  
كيمياء الأغذية ص ٧٨  
الاختبار ص ٨٠  
حقائق ومعلومات ص ٤٠٦

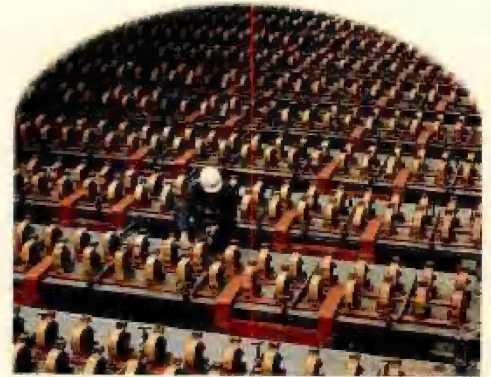
## الميكروبات المُفيدة

يتحوّل عصير العنب في هذه الخرابي إلى نبيذ بفعل ملايين خلايا الخميرة الدقيقة. وقد استخدمت هذه الخمائر منذ آلاف السنين في صنع المشروبات الكحولية والخبز. هذا الاستخدام طوّز اليوم لتصنيع مواد ناعمة أخرى من مواد لا تقليدية فيما يُسمى بالثقافة البيولوجية. فبعض الميكروبات تستطيع تحويل الميثانول، المحضّر من الغاز الطبيعي، والتغايات، من صناعة الورق، إل غلب لحيوانات المزارع.



# صناعة القلويات

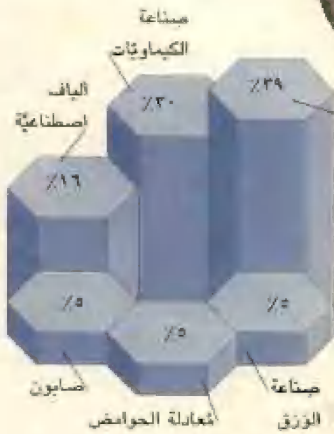
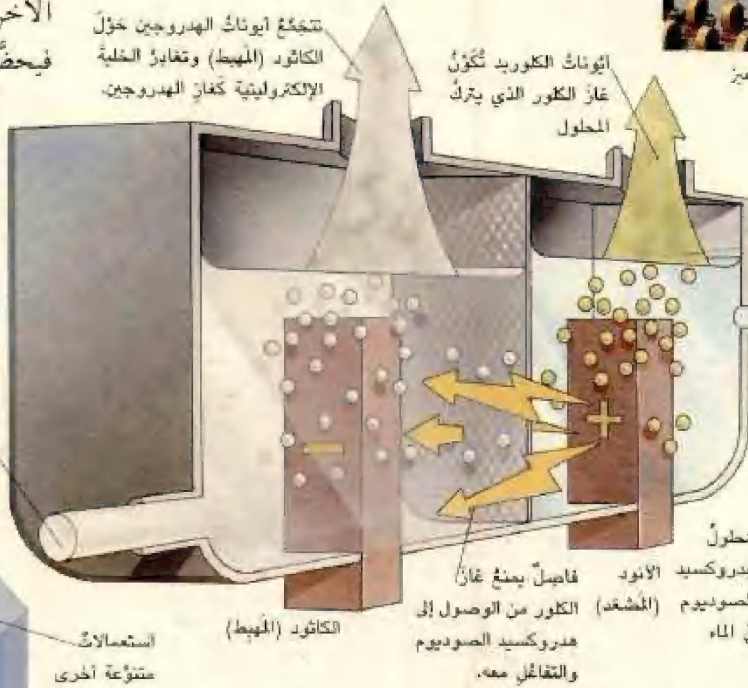
القلويات المُحضَّرة من ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) أساسية في صنَّع الصابون والقلويَّان الأهمُّ اللذان يُحضَّران من هذا الملح هما هيدروكسيد الصوديوم وكربونات الصوديوم. والواقع أنَّ هذين القلويَّين هما الأهمُّ بين ما تنتجه صناعة القلويات إذ يُستخدمان في صنَّع مُنتجات عديدة. ويبلغ ما تنتجه المعاملُ الكيماوية في مختلف أقطار العالم، من كُلِّ منهما، حوالى ٣٥ مليون طن سنوياً. يُحضَّر هيدروكسيد الصوديوم بإمرار تيارٍ كهربائيٍّ عبرَ محلولٍ ملحيٍّ. وتُنتج عمليةُ الكهترلة هذه في الوقت نفسه غازَ الكلور. يعني أنَّ مصنعَ هذا القلوي هو مصنعٌ للكلور أيضاً. أمَّا القلوي المهمُّ الآخر، كربونات الصوديوم، فيحضَّر من محلول الملح وثاني أكسيد الكربون بطريقة صولفي خاصة.



يُحضَّر هيدروكسيد الصوديوم بإمرار الكهرباء عبر السائل الملحي في هذه الخلايا الإلكتروليتية.

## هيدروكسيد الصوديوم

يتألَّف محلولُ الملح في الماء من أربعة أنواع من الأيونات هي: أيونات الصوديوم والكلوريد والهيدروجين والهيدروكسيد. وفي أثناء الكهترلة تنجذب الأيونات السالبة (أي الكلوريد والهيدروكسيد) نحو الأنود، والأيونات الموجبة (أي الصوديوم والهيدروجين) نحو الكاثود. وعندما ينفصل الصوديوم عن الكلوريد، يتفاعل مع الماء فيؤلِّد هيدروكسيد الصوديوم.



استعمالات هيدروكسيد الصوديوم المعروف عن القلويات أنَّها تُعدَّل الحوامض. لكن لهيدروكسيد الصوديوم في الصناعة استعمالات عديدة أخرى تشمل تصنيع مواد التفسير والأدوية والأصباغ والمُنتجات النقطية، كما يُستعمل أيضاً في معالجة الأغذية والعلقات والمطاط.

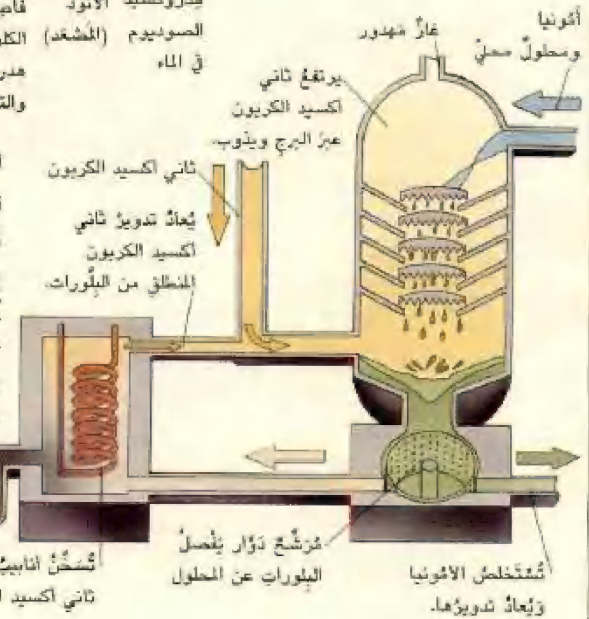


## استعمالات كربونات الصوديوم

لعلك شاهدت هذا القلوي بشكل بلورات حودا الغسيل؛ لكنه يُستعمل أيضاً في تصنيع مُنتجات عديدة شتى - من الخزفيات والأقمشة إلى الصور الفوتوغرافية والمصنوعات الجلدية.

## كربونات الصوديوم

تُستخدَم ثاني أكسيد الكربون لإطرد شوائب الكربون والماء منها.



## كربونات الصوديوم

يتمتَّص المحلول الملحي ثاني أكسيد الكربون ليكوِّن كربونات الصوديوم. وفي طريقة صولفي، يُذاب ثاني أكسيد الكربون في المحلول الملحي والأمونيا فينتكوِّن في المحلول بلورات من بيكربونات الصوديوم وهيدروكسيد الأمونيوم. ثم تُحقى البلورات الناتجة للحصول على كربونات الصوديوم.

## خامات الترونا

خامات البحيرات الجافة والأحواض التطورية الطبيعية، في مناطق مختلفة من العالم، تتألَّف من كربونات وبيكربونات الصوديوم. وهي مصدر مهم لكربونات الصوديوم إذ يمكن استخلاصها منها نقية بسهولة دون اللجوء إلى طريقة صولفي.



لزيد من المعلومات انظر
الترابط الكيماوي ص ٢٨
الفلزات القلوية ص ٣٤
الهالوجينات ص ٤٦
الكهترلة (التحليل بالكهرباء) ص ٦٧
القلويات والقواعد ص ٧٠
حفائق ومعلومات ص ٤٠٦



# الصابون والمنظفات

الصابون مُنظف أساسي لا غنى عنه لتحقيق مستوى نظافة مقبول. فالماء وحده، رغم استطاعته إذابة الكثير من الأوساخ، عاجز عن إذابة الشحوم والدهون؛ لكن حين يُفككها الصابون فإن الماء يشطفها بسهولة. يُحضّر الصابون بتفاعل هيدروكسيد الصوديوم مع الدهون أو الزيوت الحيوانية والنباتية. بعض أنواع الماء عسير لا يرغب فيه الصابون لإحتوائه مركّبات كيميائية تتفاعل مع الصابون لتكون أملاحاً غشائية غير ذوابة. المنظفات الاصطناعية تحاكي فعل الصابون، أكان الماء يسيّراً أو عسيراً، دونما زبد أو غشاء؛ وهي تحضّر بفاعلية كيميائيات من النفط الخام مع حامض الكبريتيك.

مُنتَظَفُ أرضيات



شامبو



سائل جلي



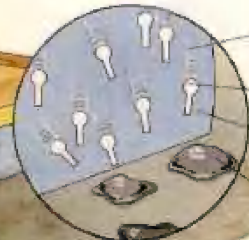
صابون



## مُنظفات مختلفة

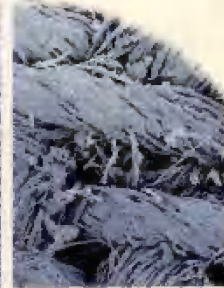
تعمل المنظفات المختلفة بأساليب شتى. فالصابون يُغطي الجلد بجزيئات مُربلة للشحم. وفي الشامبو كيمائيات إضافية تُنشئ الرغبة على الشعر بينما تفكك الشحم. أما منظف الأرضيات فيحوي كيمائيات مُعززة لإزالة الأوساخ الرملية أو الخشنة. ونحوي سوائل الجلي كيمائيات أخرى لإزالة فئات الأطعمة الدهنية.

تُجذّب  
جزيئات  
الماء رؤوس  
جزيئات المنظف  
أليفة الماء. وبذلك  
ترتفع جزيئات الشحم  
والمُنتَظَفُ في الماء وتيسهل  
شطفها.



جزيئات المنظف في الماء  
رأس الجزيء  
أليفة الماء  
ذيل الجزيء  
أليف الشحم  
ذيل من الشحم  
على سطح وسيع.

تتخلّق أذيال جزيئات

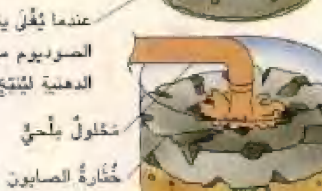
المنظف حول الشحم ثم تعوض فيه، فيما  
تظل رؤوس الجزيئات أليفة الماء خارجه.

## عملية التنظيف

عندما تلمس الأرضية بجهد، يشارك الصابون أو المنظف بجهد مماثل. إذ إن لجزيئات الصابون والمنظف رؤوساً أليفة للماء وأذيالاً أليفة للشحم. وعند مزج الصابون أو المنظف بالماء، فإن الرؤوس أليفة الماء تذوب فيه، فيما تلتصق الأذيال أليفة الشحم بالشحم وتزيله عن السطح.

تحت ضغط  
مرتفع تتفاعل  
الدهون والزيوت  
مع الماء الساخن  
لتكوّن حوامض  
دهنية وجليسرين.

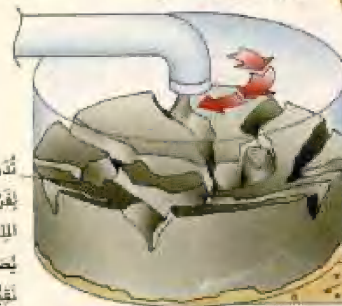
عندما يُغلى يتفاعل هيدروكسيد  
الصوديوم مع الحوامض  
الدهنية لينتج الصابون.



يتكوّن الصابون  
مخلوّل بالمحلول  
المحلول اللّحي. أما  
الصابون، غير الذّواب  
في هذا المحلول،  
فيرتفع إلى سطح  
الغلاية كخثارة.  
المحلول اللّحي  
مع الجليسين

## تنظيف الأقمشة

ألياف القميص المُظنية (إلى اليسار) مُغطاة بالشحم. عند غسل القميص تهاجم جزيئات الصابون والمنظف الشحم الملتصق بتلك الألياف وتزيله (إلى اليمين).



يتكوّن الصابون  
مخلوّل بالمحلول  
المحلول اللّحي. أما  
الصابون، غير الذّواب  
في هذا المحلول،  
فيرتفع إلى سطح  
الغلاية كخثارة.  
المحلول اللّحي  
مع الجليسين

## رؤوس الجزيئات

يحوي الماء العسر ذرات من الكالسيوم أو المغنسيوم. وهذه الذرات تُحلّ محلّ ذرات الصوديوم في رؤوس جزيئات الصابون أليفة الماء فتكوّن غشاء مُربداً.



## مُقومّات مساحيق الغسيل

نحوي مُعظم مساحيق الغسيل أتريمات بمقدورها تفكيك الجزيئات في بقع العرق والدّم. كما نحوي مُصنّعات صباغية تُكسب الملابس زهواً وإشراقاً - إضافة إلى كيمائيات تزيل عسر الماء أو تعزّز إزالة الأوساخ وتمنع عودة ترسبها على الملابس المنظّفة، أو تحفظ الحموضة نابتة لمختلف التفاعلات الكيمائية.



## صنع الصابون

يُصنع الصابون، نحويّ الدهون أو الزيوت حتى تتفكك إلى حوامض دهنية وجليسرين. ثم تُفاعل الحوامض الدهنية مُنتج الصابون والجليسرين. ويُرَاز الجليسين من الصابون بإذابه في مخلوّل ملحي. وقبل تشكيل الصابون إلى كتل أو قشّارات أو مساحيق، تُضاف إليه كيمائيات مختلفة لقتل الجراثيم وإزالة عسر الماء وإضفاء اللون والرائحة المطلوبين. إن صنع قطعة من الصابون من موادها الأولية لا يستغرق أكثر من 15 دقيقة.

## لزيد من المعلومات انظر

- السُّنُور ص ٤٣
- المُركّبات والمُركّبات ص ٥٨
- المحاليل ص ٦٠
- القلويّات والقواعد ص ٧٠
- كيمياء الماء ص ٧٥
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦



# مُنْتَجَاتُ الفَحْمِ

عندما نُحرقُ الفَحْمَ نُطَلِّقُ طاقةً وكِمْيَاوِيَّاتٍ احْتَبَسَتْ مِنْذُ ٢٥٠ مليون سنة، حينَ أخذت أعدادُ ضخمةٌ من النباتات المَيِّتَةِ تنحلُّ بِطَءٍ إلى فَحْمٍ. يُزَوِّدنا الفَحْمُ بالطاقة اللازمة لتدوير المُولِّدَاتِ الكهربائيَّةِ في الكثير من محطات القُدْرَةِ. كما إنَّ إحماءَ الفحمِ بِمَعزَلٍ عن الهواءِ، يُحوِّله إلى فحم الكوك، الذي هو وقودُ أفرانِ السَّمْعِ المُستخدَمةِ لاستخراج الفلزَّاتِ، كالحديد، من خاماتها. وقد يُعالجُ الكوكُ لإطلاقِ كِمْيَاوِيَّاتٍ أُخرى - كالْأَمُونِيَا والقارِ وغازِ الفحمِ (غاز الاستِصباحِ). وهذه الكِمْيَاوِيَّاتُ يُمْكِنُ تحويلُها إلى كِمْيَاوِيَّاتٍ جديدة لتصنيع الكثير من المنتجات المختلفة كالْأَصْبَاغِ والدَّهَانَاتِ والأدوية. والواقعُ أنَّ هنالك أكثرَ من ٢٠٠٠ مادةٍ كِمْيَاوِيَّةٍ يُمْكِنُ صُنْعُها من الفَحْمِ.



## قَيْدُ الفَحْمِ

في غابر الأزمانِ استخدِمت نباتاتُ المُستنقعاتِ طاقةَ الشَّمْسِ وكِمْيَاوِيَّاتٍ يَنْتَاجها لبناءِ واختزانِ الطاقة الكِمْيَاوِيَّةِ في خلاياها. وعندما ماتت تلك النباتاتُ تحوَّلت بقاياها إلى فَحْمٍ.

## مِن فَحْمٍ إلى كوك

عندما يُخَمَّسُ الفَحْمُ في أفرانٍ بِمَعزَلٍ عن الهواءِ إلى درجة حرارة تتراوحُ بين ٩٠٠° و ١٣٠٠° س، يَنبَعثُ منه مزيجٌ من الغازاتِ والسَّوائلِ - يُنْضَلُ تالِياً إلى غازِ الفحمِ، ومحلولِ الأَمُونِيَا المائي، وقارِ الفَحْمِ. أمَّا الجائِذُ المُتَبَقِي فهو الكوك الذي يحوي أكثرَ من ٨٠ في المئة من الكربون.



يُحوي غازُ الفحمِ (أو غازُ الاستِصباحِ) الهيدروجينَ والميثانَ وأوَّلَ أكسيدِ الكربونِ. وقد استخدِمَ للإضاءةِ أولَ مرَّةٍ عامَ ١٧٩٢. وفي القرنِ التاسع عشر، عُمِّمَ استِخدامُ غازِ الفحمِ للإضاءةِ والطبخِ في العديدِ مِنَ المَدَنِ.

غاز الفحمِ (غاز الاستِصباحِ)

قار الفحمِ

## كِمْيَاوِيَّاتُ قَارِ الفَحْمِ

يُحوي قارُ الفحمِ العديدَ من الكِمْيَاوِيَّاتِ المُفِيدَةِ، التي يجري فصلُها بالتقطيرِ إذ لِكُلِّ منها درجةٌ عليا مُختلفة. فَمِنَ الكِمْيَاوِيَّاتِ ذاتِ درجاتِ الغليانِ العاليةِ الرُّقَّتُ والكُريُولُوتُ، ومِنَ ذاتِ درجاتِ الغليانِ الأخفضِ النِزِينُ وحامضُ الكُريُوليكِ.

تُرَشُّ الأشجارُ المُتَمَرَّةُ بِسُيُودَاتٍ تُصَنِّعُ من قارِ الفحمِ.

## جُزْئِيَّاتُ مُفِيدَةٍ كِمْيَاوِيَّةٌ

تُشَكَّلُ الجُزْئِيَّاتُ في قارِ الفحمِ المَوادَّ الأَوَّلِيَّةُ لِصُنْعِ المُنْتَجاتِ مِنَ الكِمْيَاوِيَّاتِ الجَدِيدَةِ. فِإِضافةِ كِمْيَاوِيَّاتٍ أُخرى إلى تلكِ الجُزْئِيَّاتِ يُمكنُ صُنْعُ آلافٍ مِنَ المَرْكَبَاتِ المُفِيدَةِ. فَالكُريُولُوتُ يُستخدَمُ دولماً تَكَرُّبٍ كِمَادَّةٍ حافظةٍ لِلخَبثِ، وتُستخدَمُ جُزْئِيَّاتُهُ المُختلفة، مُفَصِّلَةً، مَوادَّ أَوَّلِيَّةٌ لِصِنَاعَةِ المُبِيدَاتِ والأدويةِ.

خَبَثَاتُ دَوَاءٍ مِنَ قَارِ الفحمِ



يُنْتِجُ غازُ الأَمُونِيَا في حامضِ الكُبريتيكِ فينتِجُ من تفاعلِهما بُلُورَاتُ كُبريتاتِ الأَمُونِيومِ. وقد ظَلَّتْ هذه البُلُورَاتُ المَصْدَرُ الرَّئِيسِي لِلأَسمدةِ الكِمْيَاوِيَّةِ حَتَّى العَامِ ١٩١٣.

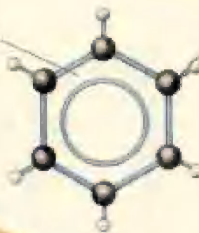
سائلِ الأَمُونِيَا

تُحَبَّرُ أنواعُ عديدةٍ مِنَ الكوكِ بِإِحماءِ أنواعٍ مُختلفةٍ مِنَ الفحمِ إلى درجاتِ حرارةٍ خَفِيفَةٍ أو عَالِيَةٍ، وَلِإِستِخدامِ أنواعِ الكوكِ هذه رُفْقاً في الصِنَاعَةِ أو لِلتَّحَفُّظِ في المَازِلِ.

الكوكُ

إِخْرَاقُ الفحمِ

البِزْنِزِيلُ مُرَكَّبٌ خَلْفِيٌّ مِنَ ذَرَاتِ الهيدروجينِ والكُربونِ.



كُربون

هيدروجين



صُنِّعَتِ الأَصْبَاغُ الاصطناعيَّةُ الأولى مِنَ الأَنيلِينِ - أَحَدِ المَرْكَبَاتِ في قارِ الفحمِ

صابون قار الفحمِ

## المُلَوَّنَاتُ والمُبِيدَاتُ

في الخُمسيناتِ مِنَ القُرُونِ التَّالِيَةِ عُمِّرَ صُنْعُ الكِمْيَاوِيَّاتِ الأَصْبَاغِ الاصطناعيَّةِ الأولى مِنَ كِمْيَاوِيَّاتِ قارِ الفحمِ. فَكَانَتْ أَكْثَرُ رُفُوًا مِنْ مَعْظَمِ الأَصْبَاغِ الطَبِيعِيَّةِ وَأَشَدَّ مَتَابَا رَسُوخًا فِي الأَقْمَدَةِ كَمَا إِنَّهَا لَا تَبْهَتُ بِالضُّوءِ. وَعندما اكْتَشِفَتِ الخِصَالَةُ المُظْهِرَةُ لِحامضِ الكُريُوليكِ (أَحَدِ كِمْيَاوِيَّاتِ قارِ الفحمِ)، أُضِفَتْ إلى الصابونِ لِإِقتِلِ الخِزَامِيَّاتِ.

## لِمزيد من المعلومات انظر

- الكربون ص ٤٠
- الأَمُونِيَا ص ٩٠
- مُنْتَجَاتُ الغازِ ص ٩٧
- مُنْتَجَاتُ النُّقْطِ ص ٩٨
- الأَصْبَاغُ والخُصْبُ ص ١٠٢
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦







# مُنْتَجَاتُ النُّفْطِ

لا يَمْتَصِرُ اسْتِعْمَالُ النُّفْطِ على توفير الطاقة لِتَدْوِيرِ عَجَلَاتِ السَّيَّارَاتِ فَقَطْ، بَلْ يَتَّعَدُهُ إِلَى تَعْيِيدِ الطَّرِيقِ الَّتِي تَسِيرُ عَلَيْهَا أَيْضًا. يَتَوَاجَدُ النُّفْطُ «الرَّيْتُ الْخَام» طَبِيعِيًّا كَسَائِلِ أَسْوَدَ لَزِجٍ حَادٍ الرَّائِحَةِ فِي بَاطِنِ الْأَرْضِ أَوْ تَحْتَ الْبَحْرِ. وَيَتَأَلَّفُ فِي مَعْظَمِهِ مِنَ الْهَيْدُرُوكَرْبُونَاتِ (وَهِيَ مُرَكَّبَاتٌ مِنْ ذَرَّاتِ الْهَيْدُرُوجِينِ وَالْكَرْبُونِ) مُتْرَابِطَةً فِي سَلْسِلٍ طَوِيلَةٍ تَكُونَتْ مِنْذُ أَكْثَرِ مِنْ ٢٠٠ مليون سنة من انحلال بقايا الحيوانات والنباتات البحرية المُنْتَدِرَةِ. وَقَدْ اكْتَشَفَ الْكِيمَاوِيُّونَ فِي مَطْلَعِ الْقَرْنِ الْعِشْرِينَ أَنَّ يَامَكَانِهِمْ فَصْلَ هَيْدُرُوكَرْبُونَاتِ النُّفْطِ الْمُخْتَلِفَةِ

بِالتَّسْخِينِ وَالتَّقْطِيرِ التَّجْزِيَّتِيِّ. وَهَمْ يُصْنَعُونَ الْيَوْمَ آلَافَ الْمُنْتَجَاتِ مِنَ الرَّيْتُ الْخَامِ.

## غازات المضخة

على ٢٠° س تبقى أربعة هيدروكربونات فقط في الحالة الغازية هي: الميثان والإيثان والبروبان والبيوتان. وتُستخدم بعض الميثان والبروبان وقودًا لإحماء النفط في عملية التكرير، لكن معظمه يُستخدم في صنع الكيماويات. ويُعبأ البروبان والبيوتان في القوارير وقودًا لمواقد وقاذيل الغاز الثقالة.

## الثقاة

يتكثف هذا السائل الأصفر على درجات الحرارة بين ٧٠° و ١٦٠° س. ويتراوح محتوى جزيئه من ٨ إلى ١٢ ذرة من الكربون، مما يسهل استخدامه في صنع وقود للسيارات والدلائن وكيماويات مختلفة من أدوية ومبيدات وأسمدة. كما يُستخدم كمذيب لمعالجة المقاط واستخراج الزيت من البزور.

## زيت الغاز (الشولار أو المازوت)

يتكثف زيت الغاز في مدى حراري يتراوح بين ٢٥٠° إلى ٣٥٠° س، ويحتوي جزيئه من ١٤ إلى ٢٠ ذرة كربون. وتُستخدم زيت الغاز في صنع وقود الديزل وزيت التدفئة المركزية. كما يُلَبَّن به الأسفلت لينهل قوته.

ترتفع الغازات في العمود غير اكواب اللطافيع، فإذا كانت درجة الحرارة خفيفة بالقدر الكافي يتكثف الغاز على الكوب ويتساقط سائلًا.

يُعبأ الأسفلت شطوخ الكثير من الطرقات في العالم.

## مُخْلَقَاتُ التَّقْطِيرِ

كُلُّ الْهَيْدُرُوكَرْبُونَاتِ الَّتِي يَحْوِي الْجُزْءُ مِنْهَا أَكْثَرُ مِنْ ٢٠ ذَرَّةَ كَرْبُونٍ تَتَكَثَّفُ حَالَمًا نَدْخُلُ إِلَى الْعَمُودِ. وَيَنْمُ فَضْلُ مَزِيجِ الْهَيْدُرُوكَرْبُونَاتِ الثَّقِيلَةِ بِالْإِحْمَاءِ لِلْحَصُولِ عَلَى زَيْتِ التَّرْلِينِ وَالْقَارِلِينِ وَالشَّمْعِ وَالْفَارِ.

الهدروكربونات الثقيلة، أو الطويلة السلسلة، سوداء اللون، شمعية، غليظة القوام.

الهدروكربونات الخفيفة، أو القصيرة السلسلة، باهجة اللون، نسبيًا ورفيقة القوام.

## الرَّيْتُ الْخَام

يَحْوِي النُّفْطُ مَزِيجًا مِنَ الْهَيْدُرُوكَرْبُونَاتِ، الْمَتَابَةِ عِدَّةَ ذَرَّاتِ الْكَرْبُونِ فِي سَلْسِلِهَا. وَتَتَغَيَّرُ نِسْبَةُ هَذِهِ الْهَيْدُرُوكَرْبُونَاتِ فِي النُّفْطِ مِنْ مَوْقِعٍ إِلَى آخَرَ. فَيُفْطُّ الشَّرْقِ الْأَوْسَطُ يَحْوِي الْكَثِيرَ مِنَ الْجُزْئِيَّاتِ الطَوِيلَةِ، الَّتِي تَجْعَلُهُ غَلِيظَ الْقَوَامِ. أَمَّا يَفْطُّ يَحْرُ الشَّامِ فَالْجُزْئِيَّاتِ الطَوِيلَةِ فِيهِ أَقْلٌ، وَهُوَ أَرْقَى قَوَامًا.

## الغازولين

بين ٢٠° و ٧٠° س يتقطر سائل رقيق القوام يُدعى الغازولين أو البنزين. ويتراوح عدد ذرات الكربون في هيدروكربونات الغازولين بين خمس وعشر ذرات. وتُستخدم الغازولين غالبًا كوقود للسيارات، لكنه يشكّل أيضًا مادة أولية لصنع اللدائن والبتانات.

## الكيروسين

يتكثف الكيروسين أو الكار كسائل زيتي خفيف على درجات الحرارة بين ١٦٠° و ٢٥٠° س. ويتراوح محتوى جزيئه من ١٠ إلى ١٦ ذرة كربون. وتُستخدم الكيروسين في صنع وقود طائرات لإحراق في المحركات الثقلية. كما يُستخدم للتدفئة والإضاءة وفي مذيبيات الدهانات.

يُغشى الزيت الخام في قِدرٍ إلى حوالي ٤٠٠° س قبل مروره كغازات إلى عمود التقطير التجزيئي.

## التقطير التجزيئي

عند إحماء الزيت الخام (النُّفْطِ) إلى درجة حرارة مُعَيَّنَةٍ تَتَحَوَّلُ هَيْدُرُوكَرْبُونَاتُهُ إِلَى غَازَاتٍ مُخْتَلِفَةٍ. ثُمَّ يَعُودُ كُلُّ غَازٍ فَيَتَكَثَّفُ إِلَى سَائِلٍ عَلَى دَرَجَةِ حَرَارَةٍ مُخْتَلِفَةٍ. وَهَكَذَا يُمْكِنُ فَصْلُ الزَّيْتِ إِلَى أَجْزَائِهِ الْمُخْتَلِفَةِ بِالتَّقْطِيرِ التَّجْزِيَّتِيِّ. يُلَبَّنُ الزَّيْتُ الْخَامُ حَارًّا عَلَى مَقَرَّةٍ مِنْ قَاعَةِ الْعَمُودِ، فَتَتَكَثَّفُ الْهَيْدُرُوكَرْبُونَاتُ الْأَقْلَى عَلَى الْقَوْرِ وَتَهْبِطُ إِلَى الْمُسْتَوَى السُّفْلِيِّ. أَمَّا الْهَيْدُرُوكَرْبُونَاتُ الْآخَرَى، فَتَرْتَفِعُ بِحَالَتِهَا الْغَازِيَّةِ عَنِ الْعَمُودِ حَتَّى تَبْرُدَ بِمَا فِيهِ الْكَفَايَةُ لِتَتَكَثَّفَ سَوَائِلَ (عَلَى دَرَجَاتِ حَرَارَةٍ أَقْلَى قَلِيلًا مِنْ دَرَجَةِ غَلِيظَتِهَا). ثُمَّ تُثَقَّلُ هَذِهِ الْهَيْدُرُوكَرْبُونَاتُ بِالْأَنْتَابِ لِلْمُعَالَجَةِ الْلاحِقَةِ.



## تفكيك الجزيئات

إن أفضل هيدروكربونات النفط بالتقطير التجريبي يُعطيان أكثر مما يمكن استخدامه من الجزيئات الطويلة السلسلة، وأقل مما هو مطلوب من الجزيئات الأصغر كالمُثَقِّات والغازولين. أما التكسير المُحفَّز فيُشَقِّق الجزيئات الكبيرة إلى جزيئات صغيرة أكثر نفعاً. في عملية التكسير يُحمى الزيت الثقيل تحت الضغط في حجرة تكسير خاصة فتتفكك بعض الروابط بين ذرات الكربون نازكةً مُزيجاً من الهيدروكربونات ذات السلسلة الأقصر. ونُسرع عملية التكسير باستخدام حفَّاز كيميائي، كما يمكن إجراء التكسير على درجة حرارة أخفض.

يُدخَّل هيدروكربون سيكس عشري ذرات الكربون إلى جهاز التكسير المُحفَّز لِيشَقِّقه إلى مزيج من الهيدروكربونات الخفيفة، وبعد التكسير يُدوَّر المزيج غيَّر عمود تجزئة لفضل أجزائه.

يتم التكسير  
صناعياً على  
تطابق واسع في  
أحجام التكسير  
خضعة



## داخل جهاز التكسير

تُمرَّر الهيدروكربونات المُحمَّاة بالبخار فوق مسحوق الحفَّاز الساخن المولَّد من جل السليكا والألومينا. فيُؤمِّر الحفَّاز سطحاً شامخاً تتفكَّك عليه الهيدروكربونات الكبيرة إلى هيدروكربونات أصغر وأكثر نفعاً.

يُثَقِّل الحفَّاز باستمرار  
ويُعاد تدويره.

يتمزج مسحوق الحفَّاز  
مع الهيدروكربون  
في بخار الماء.

يُشَقِّق الحفَّاز  
بترشيب الغاز  
والكوك عليه خلال  
عملية التكسير.

الهيدروكربونات شائعة ذرات  
الكربون، يُستخدَم في  
صناعة البترول.



لغث لدائنية  
من البولي إيثين

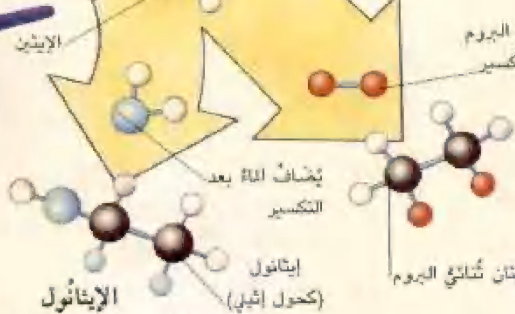
## اللدائن

إذا سُخِّر الإيثين تحت الضغط ترابط مجموعات تضم 30,000 أو أكثر من الجزيئات لتُكوِّن سلاسل طويلة من البولي إيثين. ومن المواد اللدائنية الأخرى التي تُصنع من الإيثين البوليسترين، ويُحفَّز بترشيب البترول مع الإيثين. وأحد استعمالات البوليسترين هو في صنع لعب الأطفال المأمونة. كذلك يُصنع كلوريد البولي فينيل من الإيثين والكلور.

## استعمالات الإيثين المتعددة

تُفضَّل المركبات بعد التكسير في عمود التجزئة. والإيثين، أحد تلك المركبات، شديد التفاعلية بحيث يستطيع الترابط مع كيمائيات كثيرة أخرى، وحتى مع جزيئات أخرى منه، مكوناً العديد جداً من السوائل والمواد المفيدة.

يتفاعل الإيثين مع الماء لإنتاج  
مُذيب للدهانات والعضور.



يُجَدُّ الإيثين مع الماء لتُحضير الإيثانول، أو الكحول الإيثيلي - المُذيب الشهير في تصنيع العديد من الدهانات ومُستحضرات التجميل والعطورات والصابون والأشباع. وإذا أُضيف الأكسجين إلى الإيثانول يُنتج حامض الإيثانويك (أو حامض الخليك) الذي يُستخدم في صنع الألياف الاصطناعية.

## مُضافات بترشيب

إضافة البروم إلى الإيثين تُنتج الإيثان ثنائي البروم - ويُستخدم هذا كمُحفَّز لإلوان في وقود المحركات. فهو يمنع اشتعال البترشيب قبل الألوان الذي يُسبب «الحطه» ويُقلِّل من أداء المُحرَّك.



## لمزيد من المعلومات انظر

- البترشيب الذري ص 24
- الترابط الكيميائي ص 28
- البولورات ص 30
- العضور والمعادن ص 221
- حقائق وتعليلات ص 406



# المكثورات (المبلمرات)

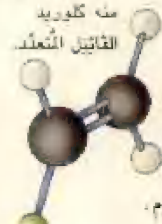
ما زالت حركات التيس  
تصنع من  
السليولويد.



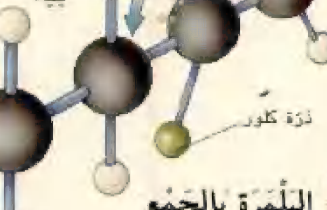
## السليولويد

خضر الكيميائي الأمريكي، جون  
هيات، السليولويد بتغير بعض  
مؤثرات الباركين. واستخدم  
السليولويد في صنع إطارات  
الطائرات والأفلام الفونوغرافية،  
غير أن لدائن أخرى حلت محلّه اليوم.

كلوريد الفانيل شديد  
التفاعلية بسبب وجود  
رابطة ثنائي بين ذرتي  
الكربون فيه. وهو  
الموجود الذي يصنع  
منه كلوريد  
الفانيل المتعدد.



ينشعر أحد الرابطين في الرابطة الثنائي  
إلى نصفين - واحد يتصل بالسليلة،  
والنصف الآخر بجزيء  
كلوريد الفانيل  
الذي  
يبلغ.



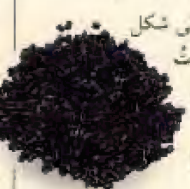
## البلمرة بالجمع

كلوريد الفانيل المتعدد هو المكثور  
الذي يستعمل في صنع الأسطوانات  
الفونوغرافية. وهو يتألف، كما يستدل من اسمه،  
من موحودات كلوريد الفانيل المبلمرة (أو المكثورة)  
بطريقة البلمرة بالجمع، أي إن طرف جزيء به  
يشير في طرف جزيء آخر. وإذا كانت ظروف  
التفاعل ملائمة فإن آلاف من جزيئات كلوريد الفانيل  
تترابط بالطريقة نفسها لتكوّن جزيء كلوريد الفانيل  
المتعدد الضخم.

يوليمر أو مكثور تعني المتعدد الأجزاء، والجزء أو  
الوحدة البنائية التي يتألف منها البوليمر تسمى  
مونومر أو موحود.

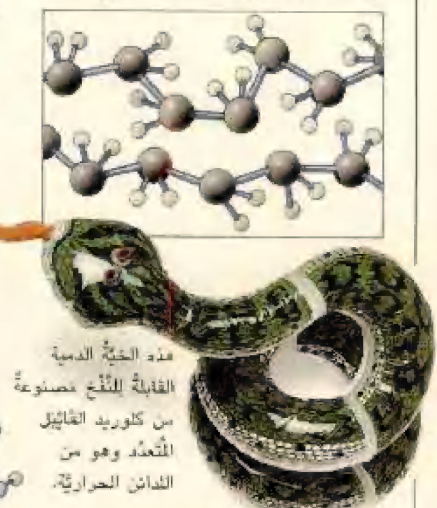
## الحبيبات اللدائية

تصنع معظم اللدائن لتصنع على شكل  
حبيبات أو حركات - فحبيبات  
البوليسين بيضاء وحبيبات  
البولين شفافة. عند صهر هذه  
الحبيبات يمكن تلويها وتشكيلها  
أشياء حسب الطلب.



## البالكيت

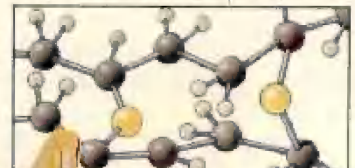
خلال إحدى تجاربه، وجد إيو باككند (١٨٣٦ -  
١٩٤٤) كتلة مُحَبَّصَة لَزْجَة في قعر جهاز الاختبار.  
هذه الكتلة لا ت بالسخن أولاً ثم تصلدت  
وحُددت. وقد حَسَنَ باككند من خصائص تلك  
المادة فصنع منها لدينة مقاومة ومُتينة، يُمكن  
قولُها بأشكال مختلفة، أسماها بالكيت.  
واستُخدم البالكيت لفترة طويلة  
في صنع آلات التصوير  
وأجهزة التلفون  
والمقاييس  
الكهربائية.



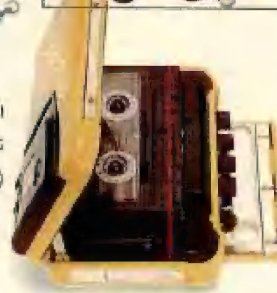
مذبة الخبيء الدمية  
القابلة للذبح مصنوعة  
من كلوريد الفانيل  
المتعدد وهو من  
اللدائن الحرارية.

## اللدائن الحرارية (المنصهرة بالحرارة)

إن سق ترتيب سلاسل المكثور يؤثر في سلوك  
وخواص المادة اللدائية التي تصنع منه عند  
الإحساء. ففي اللدائن الحرارية، تتظم السلاسل  
جنباً إلى جنب، دون روابط فيما بينها. فعندما  
تُحمى، تنزلق السلاسل بعضها فوق بعض وتنصهر  
المادة اللدائية. ثم تعود لتصلب عندما تبرد.



تعلف  
القفزات  
الإلكترونية  
الدقيقة لهذه  
السلسلة  
الميسامية في  
صندوق من  
لدينة صلبة -  
ثابتة حرارياً.



## البلمرة بالتكاثف

من طرائق التكوّن أيضاً البلمرة  
بالتكاثف. في هذه الطريقة يُبدّل جزيء صغير  
عند ترابط موحودين. وهذا ما يحصل في صنع  
التيلون، فمع كل موحود ينضم إلى السليلة، يُعلن  
جزيء من الماء.



## اللدائن الصلبة - الثابتة حرارياً

المكثورات كالميلامين والسليكون لدائن صلبة  
ثابتة حرارياً. فسلاسلها المبلمرة مترابطة بعضها  
مع بعض في تشابك متين. وهي لدائن غير قابلة  
للانصهار لأن سلاسلها ثابتة لا تتحرك.



## استعمال المكثرات

المكثرات، بالشكل الخشبي أو الكروي الذي تُحضر به، لا تكاد تجد استخدامات عملية تُذكر كما هي، لكنها بالإحياء تندمج مما تكون مادة سهلة التشكيل مينة جدًا وخفيفة جدًا تصنع منها مختلف الأدوات المفيدة في شتى المجالات.

### التشكيل بالبتق

تُشكّل الأنابيب والصناعات اللدائنية بطريقة البتق في هذا النموذج نساق كريات اللدنية ببولب دوّار إلى الشحانات حيث تصهر إلى سائل لزج غليظ القوام. ثم يُكبس هذا عبر قالب صوغ مُصمّم للشكل أُنويّا (أو لوحًا صفائحًا) يُنوّز ناليًا في مُبرّد خاص حيث يتصلّب بسرعة.

### المقاط

المقاط مكوّن طبيعي، وهو غصارة ضغيفة القوام تُستخرج من نباتات استوائية مُختلفة. يكتسب المقاط مرونة لوجود قِبات ولقِبات في جزيئاته. والمقاط الخام نوعه المتانة لعدم ترابط جزيئاته بعضها بعض. ولإحداث هذه الروابط يُقلّك المقاط بالإحياء مع الكريت. فيتحوّل إلى مقاط مُقوى تحتمل الاطارات المصنوعة منه مختلف أنواع الصدم والمقل دون تضرر.

تُشكّل أميال من الأنابيب بواسطة مكينة البتق.



### القوالب

تُحوّل اللدائن إلى أشكال خاصة بالقوالب. ففي مكينة القوالب تدفع المكنس الكريات اللدائنية إلى حيث تصهرها الشحانات، ويُضغط السائل اللدائني الحار إلى قالب التشكيل. ثم يُبرّد الماء القالب فتصلّب اللدنية.

تنتج مكينة القوالب قوالب ٩٠ من حُرّج الدراجين في الساعة.



### إعادة تدوير اللدائن

يمكن إعادة تدوير بعض اللدائن كما هي الحال في ترميمات البوليين المستعملة في صنع قوارير المياه، حيث تُجنع بالابت وتُظفد، ثم تُنقّ حذّاذات يمكن إعادة استخدامها. أما القوارير اللدائنية الدوكة (الخلولة حيويًا) فتُصنع من مكثور الغلوكوز وهي تتحلّل بفعل البكتريا في مكبات النفايات، إلى ماء وثاني أكسيد الكربون.

### ستيفاني كوكولك

حققت ستيفاني كوكولك، الكيماوية الأمريكية، (من مواليد عام ١٩٢٣) عدّة اكتشافات في مجال المكثرات. فاكشفت مُدنياً لتصنيع ألياف الكفلاز الخفيفة جدًا والأمتن من الفولاذ. وتُستخدم هذه الألياف في بناء السفن الفضائية وصنع الصداري التي لا يخترقها الرصاص.



### لمزيد من المعلومات انظر

- الكربون ص ٤٥
- الكيمياء العضوية ص ٤١
- التفاعلات الكيماوية ص ٥٢
- مُنتجات القطر ص ٩٨
- الألياف ص ١٠٧
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦



# الأصباغ والخُصْب

يُطلَقُ صُنْعُ غِرامٍ واحدٍ من الصُنْعِ  
الأرجواني لِشَقْلَةِ إمبراطورٍ رومانيٍّ  
٩٠٠٠ ق.م.



مِجَارَةٌ قُذِرَتْ  
مِيُونَكِسْ

العَالَمُ من حَوْلِنَا يَزْهو بالألوان، فَمُعْظَمُ الأشياءِ قد تَمَّ تلوينُها  
بالأصباغِ أو طَلَاؤها بِالخُصْبِ. نُلَوِّنُ الأصباغَ أليافَ الملابسِ  
والورقَ والجلدَ وبعضَ الأطعمةِ. فهي بِدَوْبَانِها في الماءِ تَسْتَطِيعُ  
اِخْتِراقَ نَحَارِبِ الأليافِ وفُروجِها حيثُ تَتَرابُطُ مع النسيجِ في  
نِفاعِلٍ كيميائيٍّ. أمَّا الخُصْبُ فهي جُسيماتٌ مُلَوَّنةٌ غَيْرُ ذَوَايَةٍ في  
الماءِ. لِذا فهي تَطْلِي سَطْحَ المادَةِ فقط دونَ أنْ تَتفاعَلَ معه  
كيميائيًّا. وَتُستخدَمُ الخُصْبُ في صُنْعِ الدهاناتِ وَجَبَرِ الطِّبَاعَةِ  
وتلوينِ اللِّداتِنِ.



يُصدِرُ الخِثَارُ (وهو حيوانٌ من  
الرِخْوِيَّاتِ كالأخطبوط) جِزْءًا خَضِيبًا  
طَبِيعِيًّا اسودَّ لِيَشْفِي عِنْدَ الخَطَرِ.

تَتأَلَّفُ الخُصْبُ في هَذَا الجِزْرِ من كيميائياتٍ مُعْضَوِيَّةِ.

## الخُصْبُ

يُنْجَرُ الخِثَارُ

(الطَبِيعِيَّةُ) من الحيواناتِ

المُفْتَرِسةِ يَنْشُرُ غَيْمَةً من الجِزْرِ الأسودِ

حَوْلَهُ. وقد اسْتُخدِمَ هَذَا الجِزْرُ في القَرْنِ

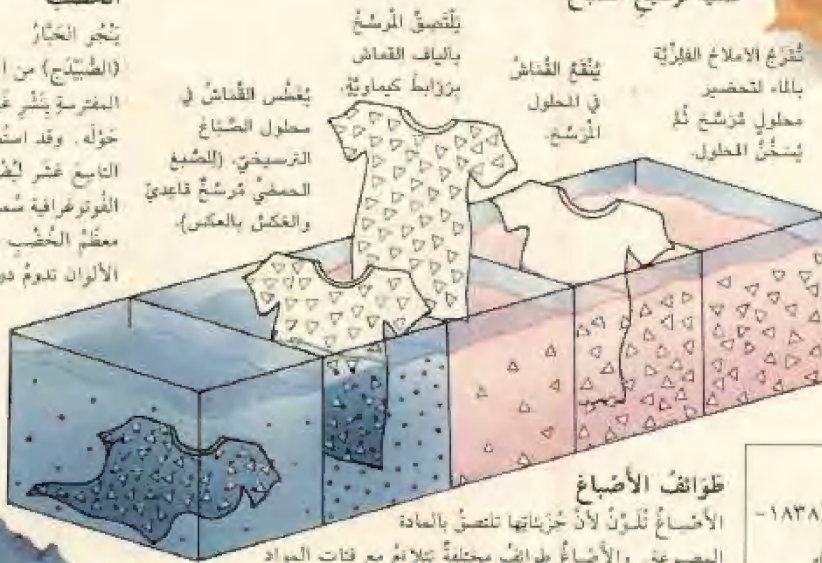
التاسِعِ عَشَرَ لِيُضْفِيَ عَلى السُّورِ

المُؤْتَرِغَةِ سُمْرَةً خَفِيفَةً. أمَّا اليَوْمَ، فَتُصَنِّعُ

مُعْظَمُ الخُصْبِ من كيميائياتٍ عُضْوِيَّةِ زَاهِيَةِ

الألوانِ تَدومُ دونَ نُصُولِها طَوِيلًا.

يَتَكَوَّنُ رابِطٌ كيميائيٌّ بينَ  
الرَّسْمِ والصَّبَاغِ يُزْشِعُ  
الصَّبَاغَ بِالْفُشائِ.



## عملية ترسيخ الصباغ

تُفَرِّجُ الأملَاحُ الفُزْزِيَّةُ

بِالماءِ لِتُخْضِرَ

مُحَلُولٌ قُذِرْشَ لَمْ

يُشْعِنُ الحُلُولُ

يُنْقَعُ الفُشائِ

في الحُلُولِ

الرَّسْمِ

يَلْتَصِقُ الرَّسْمُ

بِأليافِ القماشِ

بِزَوَابِطٍ كيميائِيَّةِ.

يُغْمَسُ القماشُ في

مُحَلُولِ الصَّبَاغِ

الرَّسْمِ (الرَّسْمِ)

الحَمَاطِيٍّ مُرْشَعٍ قَاعِدِيٍّ

وَالْعَكْضِ بِالْعَكْسِ.

## الأصباغ الطبيعية والاصطناعية

هناك آلاف من الأصباغ المختلفة -

الطبيعية منها نباتية تُستخرج من نباتات

كالقوة والبلحاح وجنسنا الصباغين - أو

حيوانية تستخلص من المحاربات كقذوق

ميونكس. أمَّا الأصباغ الاصطناعية فتُصنع

بِكِبْرِيَّةٍ أو كَلُورَةٍ (إضافة الكبريت أو الكلور)

إلى الكيمائيات الأَلَوْنِيَّةِ المُستَظْفَرَةِ من

الْفُطِّ أو قَارِ الفُحْمِ.

## طوائف الأصباغ

الأصباغ تُلَوِّنُ لَأَن حُرْبَاتِها تَلْتَصِقُ بِالمادَةِ

المصبوغَةِ. والأصباغ طوائفٌ مُختلفةٌ تَتَلامَحُ مع فَئاتِ الموادِ

المُختلفَةِ. فالأصباغُ المباشرةُ تُعْطِي أَفْضَلَ النَتائِجِ في

المسوجاتِ التي تُغْمَسُ من وَقْتُ إلى آخِرٍ فقط كالسَّاتَرِ، بينما

أصباغُ الرافودِ مَالِيَّةٌ لِأَلْفَسَةِ التي تُضَعُّ لِلغُفْلِ المُتَكَوِّرِ، أمَّا

الأصباغُ الرَسْمِيَّةُ فلا تُفَعِّلُ مُسْتَقِيلَةً، بل

يُساعِدُها إِضافةُ كيميائِيَّةِ (مركبِ فِلْزِي)

تُثَبِّتُ جُزْئَاتِ الصَّبَاغِ في القماشِ.

## وليم بيركين

اكتشف الكيميائي البريطاني، وليم بيركين (١٨٣٨ -

١٩٠٧)، صيدفًا، أَوَّلَ صِنْعِ

اصطناعيٍّ في مَحاولاتِهِ تَخْلِيَقِ

الكِبْرِيَّةِ. فَقَدْ اسْتَخْلَصَ مادَةً

أرجوانِيَّةً الأَلْيَنِيَّةِ من التَّزْيِجِ

الَّذِي كانَ يَعمَلُ عَليه، وَوُجِدَ أَنَّها

تَصَلِّحُ لِصَبَاغَةِ الحَرِيرِ؛ فَسَمَّاهَا

مُوفَ، وَأَسَّسَ مُصَنِّعًا لِتُخْضِرِها -

فَكَانَ ذَلِكَ بِدَايَةَ لِهَذِهِ الصَّناعَةِ.



يَتَرَسَّخُ الصَّبَاغُ فلا يَقُولُ لَوْنُهُ بِغَسْلِ القماشِ.

## الدهانات

كُلُّ دِهَانٍ يَحْوي خُصْبًا مُلَوَّنًا

ورابِطًا راتِيجِيًّا يُثَبِّتُ الخُصْبَ في

مَكَانِهِ، وَمُذْيَبًا يُسَهِّلُ انْجِسابَ الدَّهَانِ.

بعضُ الدَّهاناتِ مُذْيَبُها الماءُ، بينما مُذْيَبُ

الدَّهاناتِ الصَّفِيَّةِ والمُلامَةِ هو الكُحُولُ

الأبيضُ - وَمِمَّا يَكْسِبُها رائحةٌ قَوِيَّةٌ مُمَيَّزَةٌ.



دهانٌ

مائيٌّ

دهانٌ

شَحِيقِل

دهانٌ

شَحِيقِلِي



٢ - يَفْزَعُ الخُصْبُ

بِرابِطٍ راتِيجِيٍّ أو

غُزَوِيٍّ لِلتَّثَبُّتِ

الجُسيماتِ بِالنَّسْاوِي.

١ - جُسيماتُ الخُصْبِ تُكْسِبُ الدَّهَانُ

لَوْنَهُ. يَبلُغُ قَطْرُ الجُسيمِ في هَذَا المَسْحوقِ

جِزْءًا من بِلْيُونٍ من

السَّنتيمِترِ.



## جفاف الدهان

عندما يَبْزُكُ السَّطْحُ المُطْلَقُ لِجَفِّ،

يَتَكَوَّنُ مُذْيَبُ الدَّهَانِ في الهَواءِ، تارِكًا

جُسيماتِ الرابِطِ الراتِيجِيٍّ والخُصْبِ

أَكْثَرَ تَفارُتًا. فَتَتفاعَلُ هَلْهُ مُكَوَّنَةٌ طَبَقَةً

مُتَبَنِّةً صامِدةً لِتَقْلِبَاتِ القَلْبِ. وَغَالِيًا

ما يَحْوي الدَّهَانُ أَيضًا خُصْبًا

أَبْيَضًا يُثَبِّتُ الغُصْبَ نَحْوَ أَهْنا،

فَتَرى اللَوْنَ أَكْثَرَ وَضُوحًا.



٥ - يَثْبُتُ

الرابِطُ الراتِيجِي

جُسيماتِ الخُصْبِ

في مَكَانِها.

١ - خُصْبُ

الدَّهَانِ يَتَكَوَّنُ المُذْيَبُ يَفْزَعُ

كيميائِيَّاتِ الدَّهَانِ وَخُصْبِهِ

بعضُها من بعضِ

٢ - يَثْبُتُ

الدَّهَانُ داخِلَ

تِجَارِيَّةِ

السَّطْحِ الدَّقِيقَةِ

وَيُثَبِّتُ فيها



٢ - يَثْبُتُ

الدَّهَانُ داخِلَ

تِجَارِيَّةِ

السَّطْحِ الدَّقِيقَةِ

وَيُثَبِّتُ فيها



## لزيد من المعلومات انظر

الرابِطُ الكيمائِيَّ ص ٢٨

الكيمياءُ العُضْوِيَّةُ ص ٤١

المُحالِيلُ ص ٦٠

مُتَجانِثُ الفُحْمِ ص ٩٦

مُتَخَضِّراتُ التَّجَمُّلِ ص ١٠٣

حَقائِقُ ومَعلُوماتُ ص ٤٠٦



# مُسْتَحْضَرَاتُ التَّجْمِيلِ



استخدم المصريون القدماء مُسْتَحْضَرَاتِ تجميل من مساحيق المعادن لتغيير ملامحهم منذ العام ٥٠٠٠ ق.م. . واليوم تُسْتَحْضَمُ هذه المَزُوقَاتُ على نطاقٍ واسعٍ، وهي تُصَنِّعُ من مَزِيجَاتٍ من الكيماويات المُستخلصة في معظمها من المُنتجات النَّفْطِيَّة. وتُضَرَّبُ هذه مع النباتات والزُّيُوت والشُّموع ومسحوق الطُّلق والطين ومُرَكِّبَاتٍ فِلْزِيَّةٍ مُتَنَوِّعة. وقبل تسويق أي مُسْتَحْضَرٍ جديد تُبْذَلُ جُهودٌ فائقة وتُجرى تجاربٌ عديدة لضمان سلامة استخدامه. وتشتدُّ صرامة الضوابط في المَزُوقَاتِ التي تُماسُ الفم، كأحمر الشَّفاة. في الماضي كان يُجرى اختبارُ هذه الكيماويات على الحيوانات، أما اليوم، فلدى معظم الشركات المتخصصة مختبراتها المُتطورة لاختبار هذه المُنتجات.

## مُسْتَحْضَرَاتُ التَّجْمِيلِ قَدِيمًا

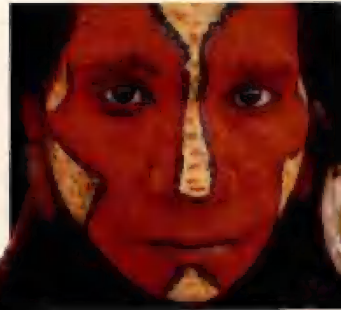
المُتَنَقِّاتُ في مصر القديمة كُنَّ يستخدمن الكُحْلَ (وهو الغالبًا أو كبريتيد الرصاص الطبيعي) ليشوِّبَ شُعُورَهُنَّ وحواشيَهُنَّ وأهدابَ أَجْفَانِهِنَّ، ويسخنن أَجْفَانَهُنَّ بمسحوقِ المَلَكِيَّتِ (وهو كبريتات النحاس القاعدية) كَمُظْلِلٍ لِلْعَيْنِ.

لَرَوْرُ من حُضْبٍ بِيضَاءَ، يُشَبِّبُ الجِلْدَ مِلَاسَةً وَنُعْمَةً.

المُطْرِيَّاتُ القَشْدِيَّةُ تَتَبَثُ المَزُوقَاتُ الأُخْرَى عِلَ الجِلْدِ.

## قَبْلَ المَكْيَاجِ (الزُّرُوقِ) وبعده

عَوَّلَجَ نصفُ وَجْهِ هذه العارضةَ بالمَزُوقَاتِ لِيُبانَ تأثيرُها في تغيير مظهرِ الوجه وإطلالته. البداية كانت بِمُطْرٍ قَشْدِيٍّ كَأَسَاسٍ لِلْمَكْيَاجِ وتليها المَزُوقَاتُ. ثُمَّ استُخِذَ مَزِيجٌ من التُّرُورِ الزُّهْرِيِّ والأصفر والأبيض، لِيُغَطِّيَ وَسُومَ الجِلْدِ من رُقَّةٍ تحت العينين، أو إحصارًا بالأوعية الدموية القريبة من سطح الجِلْدِ.



تُظْلِلُ الحاجبين وتُخَطِّطُهُمَا بِقُرْصٍ قَشْدِيٍّ بِشَكْلِ لَاحِظٍ.

تُظْلِلُ العينين هذا يحوي حُضْبًا قَشْدِيًّا يُغَطِّي الجِلْدَ الأعلى.

تُخَطِّطُ الأَجْفَانِ الأَسْوَدُ بِكُحْلٍ العَيْنِ وَيَزِيدُهُمَا حُشْبًا وإشراقًا.

يُخَشِّبُ المِلْسَكَارَا النُّشُورَ قُرْصٍ أَهْدَابِ الغَيْثِيَّةِ.

تُغَوِّي الفُكْرَةَ حُضْبًا ثَبِيَّةً وَقُرْصَاتِيَّةً تَلَوِّنُ الخُدَّيْنِ.

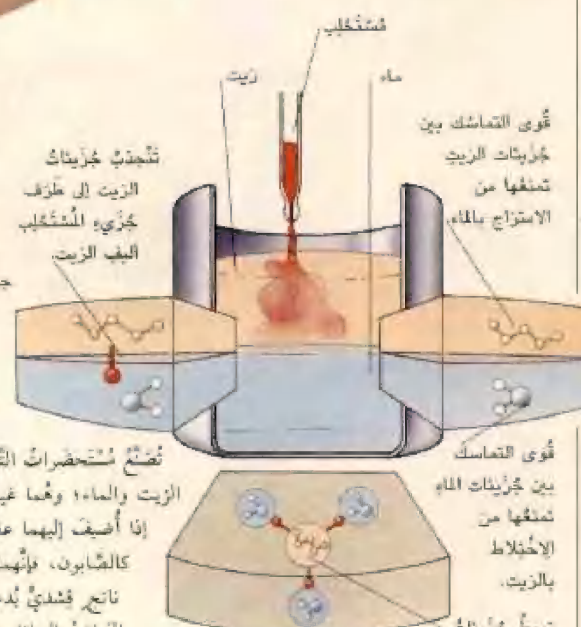
تُخَطِّطُ الشَّفاةَ بقلمِ التَّخَطِيطِ ويحوي أحمرَ الشَّفاةِ الحُضْبَ الكَثِيفَ يَلَوِّنُ الجِلْدَ والشَّفْرَ.

هذه بعضُ مُسْتَحْضَرَاتِ التَّجْمِيلِ التي تشاهدها المِثْلِيَّاتُ في أي مَخْرَبٍ كبير. ومن كُلِّ صِنْفٍ منها درجتان لونيةٌ مُتَنَوِّعةٌ لِغَلَامَةٍ جِلْدُ الزُّيُونِ.

تُجَدِّبُ جَزْيَتَاكُ المَاءِ إلى طَرَفٍ جَزِيٍّ المُسْتَخْلَبِ اللَّيْفِ المَاءِ.

## المُسْتَحْلَبَاتُ

تُصَنِّعُ مُسْتَحْضَرَاتُ التَّجْمِيلِ غَالِبًا من الزَّيْتِ والماءِ، وَفَعْمَا غير مَزُوجَتَيْنِ. لَكِنَّ إِذَا أُضِفَتْ إِلَيْهِمَا عَابِلٌ اسْتِحْلَابٍ كَالسَّابُونِ، فَإِنَّهُمَا يَتَزَاجَانِ في نَاتِجٍ قَشْدِيٍّ يُدْعَى مُسْتَحْلَبًا. البرامِجُ السَّائِلُ والقازلِينِ (من القَطْطِ، وَزَيْتُ الخَرْخَرِ واللاتولِينِ) دُفْعَنَ (الطُّوْفِ) تَوَلَّفَ الجُزْءُ الزَّيْتِ من أي مُسْتَحْلَبٍ.



قُوَى التماسك بين جُزْئِيَّاتِ الزَّيْتِ تمنعُها من الانسِجَاعِ بالماءِ.

قُوَى التماسك بين جُزْئِيَّاتِ الماءِ تمنعُها من الإختلاطِ بالزَّيْتِ.

تَوطِئُ جُزْئِيَّاتُ المُسْتَحْلَبِ جُزْئِيَّاتِ الزَّيْتِ والماءِ بعضُهما ببعضَ شَكْلَةً مُسْتَحْلَبَةً من الزَّيْتِ في الماءِ.

## من تَقَالِيدِ القَدَامِ

دَاتُ الأَثَوَامِ البَدَائِيُوتُ على تَلَوِّنِ جِلْدِهِمْ بِمِلْزُونَاتٍ يَحْتَطُونَهَا من النباتات والحيوانات والطين والمعادن. واختلقت أسبابُ ذلك من بُيَانِ رُؤْيُ الشَّخْصِ في المِجْتَمَعِ إلى الإِعدادِ (لِقُومِي أو شَعَارَةٍ خَاصَةٍ. ولا يَزَالُ النَّاسُ في بعضِ الأقطارِ كَتِيبًا الجَدِيدَةِ، يَحْفَظُونُ بِنَظَرِ التَّقَالِيدِ القَدِيمَةِ حَتَّى اليَوْمِ.

الاطْفَاقُ جُزْءٌ قَاسِيٌ نَوعًا من الجِشْمِ، لِذَا يحوي مِلَازِمَهَا مَوَادَّ كِيماوِيَّةً لا يُصَغَّ استِعمالُها في سِوَاهَا. يَتَأَلَّفُ طِلَاقُ الاطْفَاقِ عَادَةً من حُضْبٍ في حُذْبٍ غُشْوِيٍّ كَالْأَسْبِيتُونِ.



## عناصرُ مُسْتَحْضَرَاتِ التَّجْمِيلِ

يحوي مُسْتَحْضَرُ التَّجْمِيلِ عَادَةً مَزِيجًا من المَوَادِّ الكِيماوِيَّةِ. فِلْطَاءُ الأَطْفَافِ، مَثَلًا، يحوي ١١ مَادَّةً كِيماوِيَّةً على الأقل - من رَاتِينِجٍ وَمُلْدَنِيٍّ وَمُذَبِّبٍ وَحُضْبٍ. كما يحوي المُطْرِيَّ القَشْدِيَّ (الْأَسَاسُ) ٢٣ مَادَّةً كِيماوِيَّةً، وهو مُسْتَحْلَبٌ من الزَّيْتِ في الماءِ يَضُمُّ مَزِيجًا مُعَقَّدًا من الحوامِض والكحولِاتِ.

لمزيد من المعلومات انظر
المُرَكِّبَاتُ والمَزِيجَاتُ ص ٥٨
المُحَالِيلُ ص ٦٠
السَّابُونُ والسُّطْفَلَاتُ ص ٩٥
مُنتَجَاتُ القَدَمِ ص ٩٦
الأَصْبَاغُ والحُضْبُ ص ١٠٢
خَفَافٌ ومَعْلُومَاتُ ص ٤٠٦



# الكيمياء في الطب

يتألف جسمك من آلاف المواد الكيميائية المختلفة التي تعمل بانتظام؛ فإذا اختل نظامها تمرض. وحينئذ يتدخل طبيبك للمعالجة بإعطائك مزيداً من الكيماويات بشكل عقاقير. وأمثلة هذه المعالجة ليست أمراً جديداً. فمنذ أكثر من ٢٠٠٠ سنة، استخدم الناس في بلاد ما بين النهرين قرابة ٢٥٠ نبتة مختلفة و ١٢٠ معدناً لمعالجة الأمراض. وكان الكثير منها لا يزال قيد الاستعمال في القرن التاسع عشر، عندما جعلت خلاصة هذه الكيماويات أفراساً علاجية. لكن بعض هذه العلاجات أحدث أعراضاً مرضية كتأثيرات جانبية. ويحرص العلماء اليوم على تصنيع كيماويات مماثلة للطبيعية لا تحدث تأثيرات جانبية.

منذ أكثر من ٢٠٠٠ سنة، كان يُستخدم نقيع شجر من أوراق القمعية (ديجيتاليس) لمعالجة المصابين بفضور القلب. وبعد العديد من السنين، تبين أن تلك الأوراق تحوي عقاراً يسمى ديجيتوكسين لا يزال يُستعمل في معالجة فضور القلب حتى اليوم.



قطع من قشر الشفصاف  
لنبات القمعية (ديجيتاليس)

## العقاقير الطبيعية

استعمل الطبيب اليوناني، أبقراط، لحاء الشفصاف كمخفف للألم (رغم أنه يُنتج المعدة) منذ العام ٤٠٠ ق.م. والمعروف أن لحاء الشفصاف يحوي مادة كيميائية تدعى حامض الساليسليك. وقد تمكن الكيميائي الألماني، فيلكس هوفمان في عام ١٨٩٣، من تصنيع مادة كيميائية من قار الفحم شبيهة تماماً لحامض الساليسليك، وذات تأثيرات جانبية أقل. ويُعرف هذا العقار اليوم بالأسبرين؛ ويستهلك منه سنوياً ما يزيد على ١٠٠,٠٠٠ مليون قرص في سائر أنحاء العالم.

## بول إرليخ

رُكِّزَ الطبيب الألماني، بول إرليخ (١٨٥٤-١٩١٥)، أبحاثه لإيجاد علاج نوعي سحري يقتل الجراثيم المسببة للمرض، ولا تتأثر به خلايا الجسم البشري. وارتأى أن الأصباغ النوعية الملونة للجراثيم دون سواها من الخلايا قد تكون نقطة البداية. وكان صيغ «تريان» الأحمر المصنَّع أول مكتشفاته لمعالجة مرض التوم. ثم أتبعه لاحقاً بكيماوي مشيل لمعالجة الداء الإفرتنجي (السُّقْلِس) أسماء «سالفارسان».



## اختيار الاعتماد

يعدّ ثلثي سنوات من الاختبارات، يُختار العقار الأفضل، وتُعطى أقرص منه إلى مجموعة من المرضى. فيما تُعطى مجموعة ثانية عقاقير فعلاً (غير فعالة)، وتُقيم فعالية العقار بفارزة المجموعتين.



## مراحل تطوير العقار

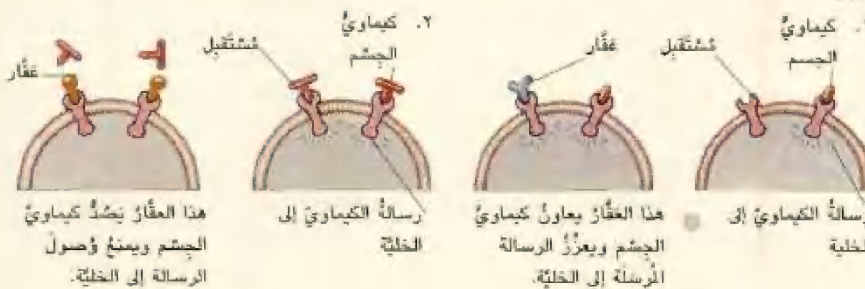
في مُنتج عقار جديد لمعالجة مرضي مُعَّين، قد يُختار للمرحلة الأولى من الاختبارات قرابة ٣٠ مادة كيميائية مُستخلصة من كيماويات نباتية أو مُخبرية. وتجري الاختبارات على مدى ثلاث سنوات لتجرب الآثار السمية لتلك الكيماويات التي قد تتفكك مثلاً، لتكوّن موادّ مؤذية. وتنتهي هذه المرحلة عادةً باختيار بضعة الكيماويات التي تتجاوز هذه الاختبارات بنجاح.

## اختبارات المتابعة

الكيماويات التي تتجاوز اختبارات العقار الأولى، يُعاد اختبارها بعناية وجرّص على أناس أصحاء لاستيعاب تأثيراتها الجانبية. فتُجعل عيّات من كل مادة منها مُشعة قليلاً، ليُتّقى مسارها في الجسم بواسطة غداً جينجر.

## كيف تعمل العقاقير؟

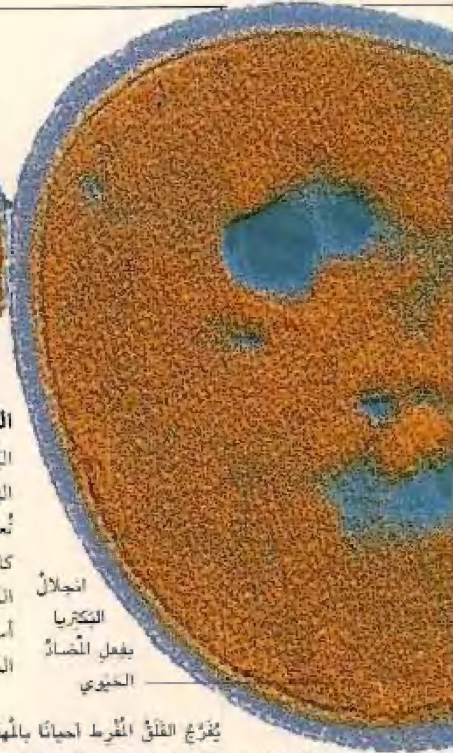
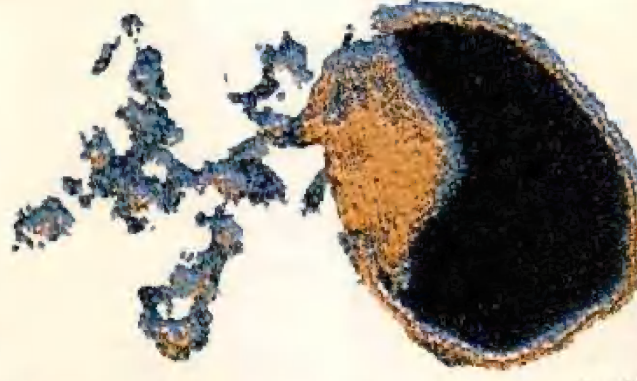
يُكَلِّم من خلايا الجسم مُستقبلات على سطحها. ويُعتقد أن بعض العقاقير تتفاعل مع هذه المُستقبلات. فالأدرينالين، وهو مادة كيميائية يُنتجها الجسم، يُسرّع خفقان القلب في أوقات الإجهاد. فالعقار المُسمّى سالبيوتامول مثلاً، يُرخي عضلات الرئة مراحلاً الأدرينالين على مُستقبلات خلايا تلك العضلات؛ بينما العقار المُسمّى برونزاترول يُشدّ مُستقبلات خلايا عضلات القلب، ويمنع الأدرينالين من الوصول إليها، وبذلك يمنع القلب من الخفقان بمستويات خطيرة.







جُذريّ الماء داءٌ  
تُسبِّبه بعض  
الحُمات  
(الفيروسات)



## البكتيريا

البكتيريا مُتَعَصِّيات مجهرية تَسبِّب أمراضًا والتهابات كما في التهاب اللُّوزتين، ويمكن القضاء عليها بواسطة كيمائيات تُعرف بالمُضادَّات الحيويَّة. وكانت المُضادَّات الأولى كالبنسلين تُحضَّر من العفن والفطر؛ أمَّا اليوم، فتُخلَق مُعظم المُضادَّات من كيمائيات أخرى. وتعمل المُضادَّات الحيويَّة أساسًا بإحدى طريقتين - إمَّا بمنع البكتيريا من تخليق جُدرانها الخلويَّة، أو بقرعلة الأنشطة الكيمائيَّة داخل خلاياها.

انجذاب  
البكتيريا  
بفعل المُضادِّ  
الحيوي

## الحُمات (الفيروسات)

الحُمات مُتَعَصِّياتٌ مجهريةٌ دقيقةٌ تسبِّب أمراضًا مختلفةً كجُذريّ الماء (الحَقاق) والإنفلُوْزا والركام. وهي إذ تعيش داخل خلايا الجسم، فإنَّه يتعدَّدُ تخليقُ عقاقير تُفسي عليها، دون الإضرار بالشخص المُعالَج. لذا تُضمَّن مُضادَّات الحُمات في تحجِّب الكيمائيات التي تحتاجها الحُمة للتكاثر. وتُجرى حالًا تجاربٌ لمُكافحة حُمة الإيدس الصعبة البراس بعقارٍ مُنابيه.

الحُمات  
(الفيروسات) لا  
تتأثَّر بالمُضادَّات  
الحيويَّة،  
فتقاوُها  
بالغفارات  
المُضادَّة  
للحُمات.

جُسم  
بالآلام لأنَّ  
جهازنا  
العصبي  
يُستجِب  
رسائل من  
الجزء المُصاب في  
الجسم إلى الدماغ. وتُستعمل  
عقاقير التَّخفيف لِوَقْفِ تلك  
الرسائل مُتَخَذِرُ الآلام.



يُفرِّج الفلقُ المُقرط أحيانًا بالمُهدِّئات، كالديازيبام والثيرازيبام، وهي كيمائيات تتعامل مع كيمائيات الدماغ. لكنَّ هذه المُهدِّئات قد تُعَدُّ على الإنسان.

## كيمائيات الجسم

يَقَرُّ الجسمُ السليمُ عديدًا من الكيمائيات المُتباينة لِلتَحَكُّمِ في وظائف أجهزته المختلفة. والحَلُّ في كَمِّيَّة أحد هذه الإفرازات، إفراطًا أو نقصًا يُسبِّب عذلاً مُعيَّنة. والكثير من العقاقير هي كيمائيات مُصنَّعة لمُعالجة الاعتلال المُعَيَّن بِمُعاونة كيمائيات الجسم على إعادة الجهاز المُختل إلى وضعه الطبيعي.

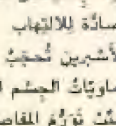
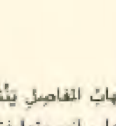
يتسبَّب الإجهادُ أحيانًا بإنتاج كَمِّيَّاتٍ كبيرةٍ من الحامض المعدي الذي قد يُسبِّب القُرحة، والأفراط المُضادَّة للحموضة تُخفِّف من هذه الحمضية؛ أمَّا العقاقير المُشادَّة مُحصرات هـ، فتوقِّف إنتاج الحامض.

## المُطَهِّرات

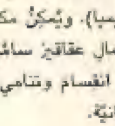
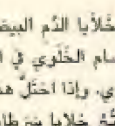
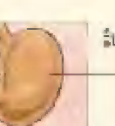
قد تلوَّث الجروحُ بالجراثيم المُؤذية إذا لم تُعالجَ تَوًّا بأحد المُطَهِّرات يُطفي عليها، ويمنعُ ذلك بقرطٍ عذَّة. فالكحول الذي يفرِّقه الطيبُ على جلدك قبل الحُفَّة يفضي على الجراثيم بتعطيل البروتين الذي تتألَّف منه خلاياها.

في لُويَّة الرُّبو، تضغطُ عضلاتٌ دقيقةٌ في الرئتين على مجاري الهواء، فيعزِّدُ التنفُّس. وعندما يُشتدُّ عَقَارُ السَّالْبِيوتامول، ترتخي تلك العضلاتُ ويتيسَّرُ التنفُّس.

التحكُّمُ بكيمائيات الجسم يقومُ به الغُدَّة كالبنكرياس. فالإنسولين مثلاً، يعمل على حَقْط سُخْزويٍّ من المُشْكُر في الكبد، وفي الداء المُشْكُري يقلُّ إنتاجُ الإنسولين فيتوجَّبُ عندئذٍ حقنُ المريض بِكَمِّيَّةٍ إضافيَّةٍ منه.



الإجهادُ الزائدُ يتسبَّبُ بإفرازِ فطرٍ لِلأدرينالين، الذي يُسرِّعُ خَفَقانَ القلب ويزيدُ ضغطَ الدم. وتُستعملُ عقاقيرٌ تُدعى مُحصرات البيتا لمنع الأدرينالين من الوصول إلى عضلات القلب.



تُخلَقُ خلايا الدَّم البيضاء بالانقسام الخلوي في الجهاز اللمفاوي. وإذا اختلَّ هذا الانقسام، فقد تُنتجُ خلايا سرطانيَّة تسبِّبُ ابيضاض الدَّم (اللوكيميا). ويمكنُ مُكافحة ذلك باستعمال عقاقيرٍ سامَّةٍ للخلايا تُعزِّلُ انقسامَ وتنامي الخلايا السرطانيَّة.

## مُكافحة المَرَض

١٧٩٦ أجرى الطبيبُ الإنكليزيُّ، إدوارد جِتر، أوَّلَ نَظِّحٍ ضدَّ الجُذريّ. ١٨٦٧ اكتشف العالمُ الإنكليزيُّ، جوزيف لِسْتِر، أوَّلَ مُطَهِّرٍ يُستعملُ على نطاقٍ واسعٍ - هو حامض الكربوليك. ١٩٢٨ اكتشف العالمُ الاسكتلنديُّ، ألكسندر فليمنج، أنَّ فطر البنسيليوم يقتلُ البكتيريا. وأدَّى هذا الاكتشافُ لاحقًا إلى استخلاص البنسلين كمضادٍّ حيويٍّ فعَّال. ١٩٣٢ طوَّرَ الكيمائيُّ الألمانيُّ، جيرهارد فُرماغ، أوَّلَ عقارٍ اصطناعيٍّ لقتل البكتيريا (هو عقار السلفا). ١٩٤٦ نجح الطبيبُ الأستراليُّ هُوارد فُوري والألمانيُّ إرنست تشين في استخلاص البنسلين وتحضيره بِكَمِّيَّات وفيرة.

## لمزيد من المعلومات أنظر

- كيمياء الجسم البشري ص ٧٦
- الحُمات (الفيروسات) ص ٣١٢
- الجراثيم (البكتيريا) ص ٣١٣
- الزيتون ص ٣٣٦
- الخلايا ص ٣٣٨
- البيئة الباطنية (في الأحياء) ص ٣٥٠
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦

إلتهابات المفاصل يُنتج من التهاب أنسجتها فتتعدو مؤلَّة. باستعمال العقاقير المُضادَّة للالتهاب كالأشبرين تُحجَّبُ كيمائيات الجسم التي تُسبِّبُ قُوْرم المفاصل.





# المواد اللصوقة

استعملات المواد اللصوقة عديدة ومتنوعة - من الدبقي على قفا الطوابع البريدية وسدول ظروف الرسائل، إلى الصمغ التي تشد صفحات هذا الكتاب، أو الغراء الذي يقوي وصلات الكرسي الذي تجلس عليه، أو يلصق الجذاذ الذي تتعلمه. والمواد المستخدمة لصوقات مختلفة ومتعددة كانت مصادرها الأولى من النبات والحيوان. في القرن التاسع عشر، كان المطاط هو المادة القوامية في المواد اللصوقة؛ أما اليوم،

فستعمل المكثورات على نطاق واسع. واللصوق يلزق ويلزق لأن جزيئاته تشكل روابط مع الأجسام التي يلصقها. وهذه الروابط قد لا تقل متانتها عن تلك التي تربط الجزيئات في قطعة من الصخر.

## راتينج غرافتي

السائل الناتج من عصن صنوبر مقطوع، يحوي راتينجا استخدم غراء على مدى مئات السنين.

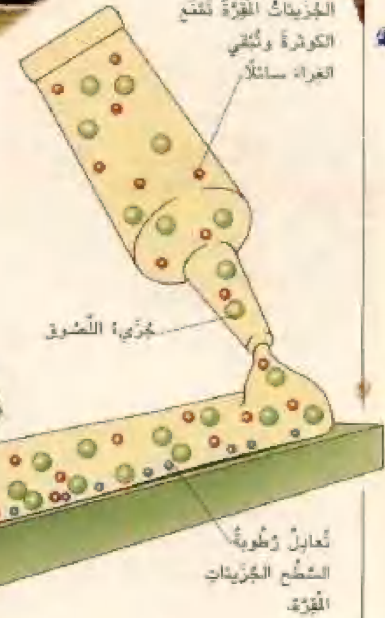
لصقت السيارة الصفراء باللوح براتينج الإيوكسي القوي.



## راتينج إيوكسي

تستخدم الصناعات غرافتي اصطناعية تدعى الراتينجات الإيوكسية التي أصبحت تستخدم شعبياً على نطاق واسع لأنها تلصق على وسعاً من الأشياء بروابط متينة جداً مقاومة للحرارة ولتقلبات الطقس.

الجزيئات المكونة للفتحة الكونكة وتلصق الغراء سائلاً



جزيء اللصوق

تعايد وطوبئة الشطح الجزيئات المكونة



تقوى الوصلات المكثلة بالموذج

## غراء لذن بالحرارة

يستخدم هذا الغراء في صنع النماذج، وهو يحوي جزيئات البوليسترين مذابة في مذيب كالأسيتون. فعندما تُغري به الوصلة، يتبخّر المذيب وتتصام جزيئات البوليسترين معاً لتكوّن رابطاً. وعند إحماء الوصلة، يتصهر الغراء بانزلاق الجزيئات بعضها فوق بعض، فيمكن إعادة تشكيلها.

تبدأ جزيئات اللصوق بالكونكة (بالفتحة).



## كيف يعمل اللاصوق

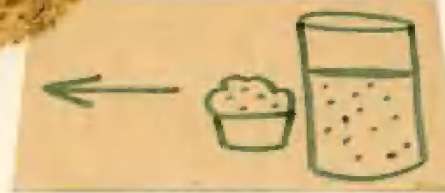
المقبرات الحامضية تمنع جزيئات اللصوق من الترابط فيما بينها داخل الأنبوب. وعندما ينحس الغراء من الأنبوب، يتصام مع الرطوبة في الهواء وعلى الشطح. فتعايد الرطوبة جزيئات اللصوق، تاركة جزيئات اللصوق ترابط فيما بينها. وتشكل المكثورات، المولدة من سلاسل من الجزيئات، روابط متينة ضلدة بين الشطحين المتصاممين للغراء.

خفاز

راتينج

## ملصقات تكرارية

## الاستعمال



الشريحة الدبقة على ملصق أو بطاقة تكرارية الاستعمال تجعل آلاف الفقااعات الدقيقة الدبقة. وفي كل مرة تلصق الشريحة بسطح ما، تنفجر فقااعات قليلة منها، فتظل قابلة لأن تُنزع وتستخدم تكراراً.

## غراء من جزيئات

بعض الراتينجات الإيوكسية تتطلب خفازاً أو مصلداً لتصلب. فيحفظ الراتينج والحقاز في أنبوتين منفصلين ويمزجان معاً عند الحاجة. والمزيج سريعاً ما يشكل رابطاً لا يتصهر بالاحماء.

## لمزيد من المعلومات انظر

- تغيرات الحالة ص ٢٠
- الحفازات ص ٥٦
- فضل المزيجات ص ٦١
- المكثورات ص ١٠٠
- خفاق ومعلومات ص ٤٠٦



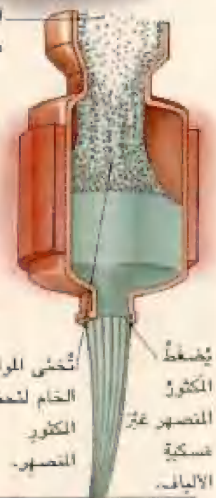
# الألياف

تُصنع الملابس من ألياف طبيعية أو اصطناعية أو من مزيج من كليهما معاً. الألياف الطبيعية مصدرها بذور النبات أو فراء الحيوان. أما الاصطناعية، كالتيلون مثلاً، فتستخرج من كيماويات تتواجد في النفط. لقد كسب الإنسان الأول جسده بجلود الحيوانات. ثم بدأ الناس منذ خمسة آلاف سنة يستخدمون الألياف الطبيعية في صنع الأقمشة المتينة. فعزلوا ألياف القطن والصوف حيوطاً. وكانت الحياكة أولى الطرق المعتمدة في نسج تلك الخيوط قماشاً، وما زالت إحدى أهم الطرق لذلك حتى اليوم. ثم ظهرت أساليب الحياكة بالصنارة لإنتاج ملابس دفيئة مرونة سهلة التنشيط. وخلال القرن التاسع عشر أصبح الناس أكثر إدراكاً لتكوين الألياف الطبيعية وتصنيعها. وسرعان ما استخدمت الكيماويات في صنع الألياف أيضاً.

تُحوّل الكتلة من ضروب البتروكيماويات إلى كُرَيْلات صغيرة ثم تُغزل البافا.

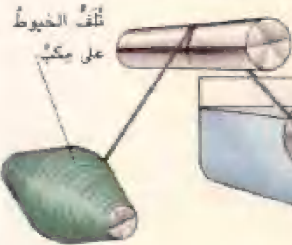
## صنع التيلون

الكيماويات من النفط هي خامات التيلون.



الصهر المندفع غير الثقوب الدقيقة في المسكة، يندفع البافا منصورة متساوية الشفافة.

يُضغَط الكُتْلَةُ الخام لتُخْصِر الكُتْلَةُ المُتَصَهْرَةُ غَيْرَ السَّكِيَّةِ.

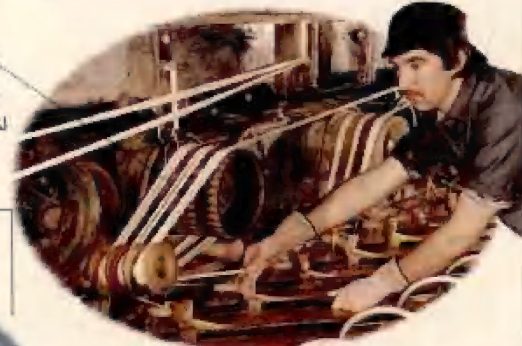


تُصَلِّقُ الألياف في غُفْلٍ تَبْرِيدٍ.

## صنع التيلون

كان التيلون أول الألياف المُصنَّعة بالكامل من الكيماويات. وينم ذلك باحساء ثروات التيلون إلى درجة ٢٦٠ من إتحول إلى صهير مكثوري، يُقحم غير السككية في عملية النش. وعند انبثاق من الثقوب الدقيقة إلى الجو البارد، تأخذ خيوط التيلون بالتصلب الذي يكتسب بالمعالجة في غطس تبريد خاص، ثم تُغزل خيوطاً طويلة يلف على مكب.

شاذ خيوط الرايون حول محلات دوارة لتكوّن الخيط (البريم).



## صنع الرايون

الرايون الباف تُصنَّع من سيلولوز الخشب. والحقيقة أن ليف الرايون هو ليف مُعاد التكوين لأن السيلولوز، خامه القوامي الأصلي، يُفكك ثم يُعاد تشكيله. وهذا يُخلَق من المادة الأصلية صرباً أسمى وأثقل وأسهل للضغ. والرايون أنواع أعماها الفسكوز.



## شاردوني

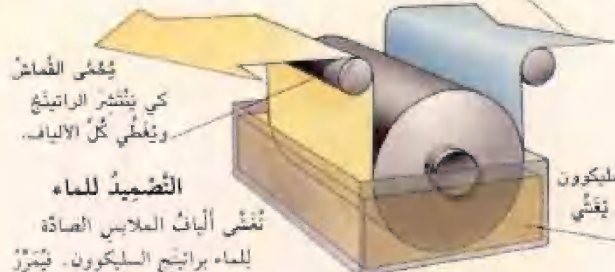
عالم الكيمائي الفرنسي، الكونت هيلار شاردوني (١٨٣٩-١٩٢٤)، ألياف القطن بمزيج من الكيماويات والكحول، ثم أقحمها في شبكة الألياف. فتحوّل الكحول تاركاً ألياقاً برّاقة بدت كأنها تُشع نوراً، فشمت تلك الألياف الجديدة الرايون «أو حرير شاردوني» الذي لاقى رواجا شديداً في أوائل القرن العشرين.



## الألياف الطبيعية والاصطناعية

الألياف التي استحدثت أصلاً لصنع الملابس كانت من الصوف والقطن والحرير، وكان مصدرها النبات والحيوان. أما اليوم، فقد دخلت البتروكيماويات أيضاً في تصنيع ألياف كالبولستر والأكريليك والتيلون التي هي أمثل وأرخص ثمتاً من المواد الطبيعية.

القماش المثلأ النش ينشغ قطرات المطر من اختراقه.



راتينج السليكون في الغطس يُقش في القماش.

## التصميم للماء

تُغشى ألياف الملابس الصادة للماء براتينج السليكون. فيتمز القماش غير الراتينج بواسطة دخاويج دوارة، ثم يُغش لبستر الراتينج إسوياً عليه. الراتينج يمنع النسيج من امتصاص الماء، فيغدو هذا قماشاً مثتاراً يُضغ المُشتمعات والخيّم.

## لزيد من المعلومات انظر

- تغيّرات الحالة ص ٢٠
- الترايط الكيماوي ص ٢٨
- المحاليل ص ٦٠
- التكثورات ص ١٠٠
- الأصغاء والخشب ص ١٠٢
- تصميم المواد ص ١١٩



# الورق

تُغطّي الأشجار ثلث سطح الأرض تقريبًا، ويستخدم الكثير منها في صناعة الورق. فالتجذّعات التي تُشاهد في الخشب تبين اتجاه آلاف الألياف الدقيقة التي تُنتجها الشجرة أثناء نموها لنقل السُّعْغ في جذعها ولدعم ثقل أغصانها. في صناعة الورق تُفصل الألياف بعضها عن بعض، ثم تُصمّ ثمانية بشكل مُتصالب ليتحوّل إلى ظُلُجِيَّات رقيقة. فانت حين تمزق قطعة من الورق تلاحظ الألياف الدقيقة المتلاصقة لتولّفها. إن إعادة التحريج تعوّض عن الأشجار التي تُقطع لتصنيع الورق وتحفظ هذا المورد الأولي المهم من النفاذ.



## بدايات الورق

بدأ صنع الورق من الخشب في الصين حوالي سنة ١٠٥ للميلاد باستخدام ألياف شجر التوت. ولعلّ الفكرة استُهدت من سُرَافَةِ الزنابير نبي أعاشها من جذافات الخشب الدقيقة.

## صنع الورق

يُصنع معظم الورق من أشجار الغابات ذات الخشب الرخو كالصنوبر والتوتوب.

تُحوّل جذافات الخشب إلى عجينة الورق.

تُقطع الأشجار وتُنقل جُدُوعها إلى مصانع الورق بواسطة الشاحنات والقطارات، أو بتطويقها في مجاري الأنهار.

تُقطع الجُدُوع إلى جذافات طول الواحدة منها ٢ سم وسمكها ٠,٥ سم.

لنحرير الألياف، تُخسّى جذافات خشب التوتوب مع الحوامض، أمّا جذافات الخشب الصلب والصنوبر فتُخسّى مع القلويات.

تُفَرّج الألياف مع مواد الحشو والغزويات والخشب والأصباغ لتكوين عجينة ورق ناعمة.

يُزال الماء من عجينة الورق السائلة بالسقطة، ثم يكتسب الورق بين دحاريج دوّارة.

يُضغّل سطح الورق ويبلّغ بمجموعة من الدحاريج الدوّارة.

يُخرج الخشب في النهاية لفّة من الورق.

هناك أنواع عديدة من الورق تتفاوت حجمًا ومثانةً واستعمالًا. كما تُضاف الخشب والأصباغ لإنتاج مدّي لا حد له من الألوان والأشكال.

يتمشّ سبيّر اللّار الماء المتبقّي في الورق.

تدرّجًا على شبكة عجينة الورق تُخفّف.

تُجمع ثفاياك الورق لإعادة التدوير.

تُصنّع ثفاياك الورق الشبجي وتُفعل يسكن أثناء دروجه خارج المكنة فيكتسب الورق نسجة ناعمة خفيفة.

يُصنّع الورق بطريقة مماثلة لثمن الكرتون بطريقه مماثلة لصنع الورق.

يُصنّع الورق بطريقة مماثلة لثمن الكرتون بطريقه مماثلة لصنع الورق.

يُصنّع الورق بطريقة مماثلة لثمن الكرتون بطريقه مماثلة لصنع الورق.

يُصنّع الورق بطريقة مماثلة لثمن الكرتون بطريقه مماثلة لصنع الورق.

يُصنّع الورق بطريقة مماثلة لثمن الكرتون بطريقه مماثلة لصنع الورق.

يُصنّع الورق بطريقة مماثلة لثمن الكرتون بطريقه مماثلة لصنع الورق.

يُصنّع الورق بطريقة مماثلة لثمن الكرتون بطريقه مماثلة لصنع الورق.

يُصنّع الورق بطريقة مماثلة لثمن الكرتون بطريقه مماثلة لصنع الورق.

يُصنّع الورق بطريقة مماثلة لثمن الكرتون بطريقه مماثلة لصنع الورق.

يُصنّع الورق بطريقة مماثلة لثمن الكرتون بطريقه مماثلة لصنع الورق.

## صنع الورق

يُصنع الورق في مصانع خاصة حيث تُقطع جذوع الخشب إلى قطع صغيرة ليتمكن الكيماويات من حلّها وتحرير أليافها. فالكيماويات السائلة الساخنة، تُذيب اللّجنين (الخشّين) الذي يُكبّ الألياف مقاومتها ويبدّلها. ثم تُضاف كيماويات أخرى لتجعل الورق صلبًا مرنًا وغير شفاف. وأخيرًا تُعالج عجينة الورق غرويًا براتنج القلنويّة أو بالشمع لجعل الورق مُقاومًا للماء.

يُزال الماء من عجينة الورق السائلة بالسقطة، ثم يكتسب الورق بين دحاريج دوّارة.

يُضغّل سطح الورق ويبلّغ بمجموعة من الدحاريج الدوّارة.

يُخرج الخشب في النهاية لفّة من الورق.

هناك أنواع عديدة من الورق تتفاوت حجمًا ومثانةً واستعمالًا. كما تُضاف الخشب والأصباغ لإنتاج مدّي لا حد له من الألوان والأشكال.

يتمشّ سبيّر اللّار الماء المتبقّي في الورق.

تدرّجًا على شبكة عجينة الورق تُخفّف.

تُجمع ثفاياك الورق لإعادة التدوير.

تُصنّع ثفاياك الورق الشبجي وتُفعل يسكن أثناء دروجه خارج المكنة فيكتسب الورق نسجة ناعمة خفيفة.

يُصنّع الورق بطريقة مماثلة لثمن الكرتون بطريقه مماثلة لصنع الورق.

يُصنّع الورق بطريقة مماثلة لثمن الكرتون بطريقه مماثلة لصنع الورق.

يُصنّع الورق بطريقة مماثلة لثمن الكرتون بطريقه مماثلة لصنع الورق.

تُعاد ثفاياك الورق إلى المصنع لإعادة تدويرها (وتصنيعها مجددًا).

تُعاد ثفاياك الورق إلى المصنع لإعادة تدويرها (وتصنيعها مجددًا).

تُعاد ثفاياك الورق إلى المصنع لإعادة تدويرها (وتصنيعها مجددًا).

تُعاد ثفاياك الورق إلى المصنع لإعادة تدويرها (وتصنيعها مجددًا).

تُعاد ثفاياك الورق إلى المصنع لإعادة تدويرها (وتصنيعها مجددًا).

تُعاد ثفاياك الورق إلى المصنع لإعادة تدويرها (وتصنيعها مجددًا).

تُعاد ثفاياك الورق إلى المصنع لإعادة تدويرها (وتصنيعها مجددًا).

تُعاد ثفاياك الورق إلى المصنع لإعادة تدويرها (وتصنيعها مجددًا).

تُعاد ثفاياك الورق إلى المصنع لإعادة تدويرها (وتصنيعها مجددًا).

تُعاد ثفاياك الورق إلى المصنع لإعادة تدويرها (وتصنيعها مجددًا).

تُعاد ثفاياك الورق إلى المصنع لإعادة تدويرها (وتصنيعها مجددًا).

تُعاد ثفاياك الورق إلى المصنع لإعادة تدويرها (وتصنيعها مجددًا).

تُعاد ثفاياك الورق إلى المصنع لإعادة تدويرها (وتصنيعها مجددًا).

تُعاد ثفاياك الورق إلى المصنع لإعادة تدويرها (وتصنيعها مجددًا).

تُعاد ثفاياك الورق إلى المصنع لإعادة تدويرها (وتصنيعها مجددًا).

تُعاد ثفاياك الورق إلى المصنع لإعادة تدويرها (وتصنيعها مجددًا).

تُعاد ثفاياك الورق إلى المصنع لإعادة تدويرها (وتصنيعها مجددًا).

تُعاد ثفاياك الورق إلى المصنع لإعادة تدويرها (وتصنيعها مجددًا).

تُعاد ثفاياك الورق إلى المصنع لإعادة تدويرها (وتصنيعها مجددًا).

لمزيد من المعلومات انظر
الكربون ص ٤٠
الحوامض ص ٦٨
المكثفات ص ١٠٠
الأصباغ والخشب ص ١٠٢
الألياف ص ١٠٧
حقائق ومعلومات ص ٤٠٦



# الخزفيات

تؤلف الخزفيات الكثير مما حولنا من مختلف أنواع الأطباق والأقداح والأباريق إلى طوب المباني وعوازل الكيبلات وبدائل الأسنان. وتُقسّم الخزفيات إلى فئتين - تشمل الأولى المواد التي تُشكّل قبل معالجتها بالحرارة كما في الأواني الفخارية والطوب. وتحوي الفئة الثانية المواد التي تُشكّل بعد معالجتها بالحرارة كما في الزجاج والإسمنت.



## طين الخزاف

تُقلّ الأواني الفخارية مزيج من نوعين من الطين هما الكارلين (أو القفل الصيني) الذي يُكسب الفخاريات نسيجها الناعمة، والطين اللدن الذي يُحسبها المتانة.

## استعمال الخزفيات

الخزفيات مواد صلبة قسّمة تُصنّع بطن الطين الصلصالي. وقد استُخدم هذا في صنع الأواني الفخارية منذ آلاف السنين، وكان يُشوى في مواقد مكشوفة؛ أما اليوم، فيُشوى في أفران خاصة، ويحري حاليًا تطوير خزفيات جديدة للاستعمال في مُحركات السيارات والطائرات، لأنها صاعدة لدرجات الحرارة العالية جدًا، وتدوم طويلًا.

## صنع الإسمنت

الصلصال والطباشير والماء هي المواد الأولية لصنع الإسمنت.

تُمزج المواد الأولية خليطًا طينًا رقيق القوام.

يُحمى الخليط الطيني في فرن دوار طوله قرابة ١٨٢ مترًا.

## عملية شك الإسمنت

مزيج من الرمل والحصاء يُضاف الإسمنت إلى الرمل والحصاء.

## شك الإسمنت

سليكات والومينات الكالسيوم في الإسمنت تبلور بإضافة الماء. وتتشكّل البلورات في الفجوات بين الرمل والحصاء في الخرسانة، فتُحيط بها من كل جانب مكونة روابط متينة تُشدّ الإسمنت بعضه إلى بعض.

تُشدّ بلورات الإسمنت الرمل والحصاء بقوة فتشك الخرسانة.

المزجحات الصقيلة على خيوط العنق الفخارية هي أيضًا من الخزف.

الطوب المُنزّل المقاوم للتجوية مادة بناء مثالية لمختلف المنشآت.



سطح البلاطة المزجج سهل التنظيف.

يُضاف الجبس إلى كتل الإسمنت.

تُخلط كتل الإسمنت مع الجبس لمنع الإسمنت من الشك السريع.

يُقدّم الشراب في أكواب خزفية لأنها مسيكة للماء.

الزجاج مادة صلبة شفافة تُصنّع من السليكات الغليظة ويتم تشكيل الزجاج في حالة الانسهار.

النتائج الأخرى: إسمنت شحيق



## صنع الإسمنت

في عملية التصنيع، يُحمى الخليط الطيني الرقيق القوام فينحول مُحوّلًا للطباشير إلى أكسيد الكالسيوم، الذي يتحد مع السليكون والألومنيوم في الصلصال مُكوّنًا السليكا والالومينا (سليكات والومينات الكالسيوم) الإسمنتية. ثم تُطحن تدرّات الإسمنت مع الجبس لسحب من الشك السريع، وتُجهّز لاستخدام البتاتين.

## لمزيد من المعلومات انظر

- تغيّرات الحالة ص ٢٠
- التراكيب الكيميائية ص ٢٨
- الكيمياء العضوية ص ٤١
- المواد ص ٨١
- الأصباغ والخشب ص ١٠٢
- الألياف ص ١٠٧



# الزجاج



كربونات  
الكالسيوم

كحسنة  
الرّجّاج

زجاج

كربونات  
الصوديوم  
(المشود)

## رّجّاج يدويّ التصنيع

يصنع الرّجّاج يدويًا تؤخذ كتلة من الرّجّاج المنصهر على طرف قضيب مجوف من الحديد وتنفخ فيها فقاعة صغيرة. ثم يبرّد الرّجّاج بالدقّة على لوح حديديّ ويُشكّل بالأدوات بينما يُعاد إحماءه قوريًا لتيسير المعالجة.

## مُعوّلات الرّجّاج الأولى

يُصهر الرّمل عادةً على درجة 1700°س، لكن إذا مُزج مع كربونات الصوديوم (الطودا)، تنخفض درجة الانصهار وتوفّر الطاقة. وتُضاف كربونات الكالسيوم (الحجر الجيري) لمنع الرّجّاج من الذوبان في الماء. كما تُضاف أيضًا كبريت الرّجّاج لتدويرها.

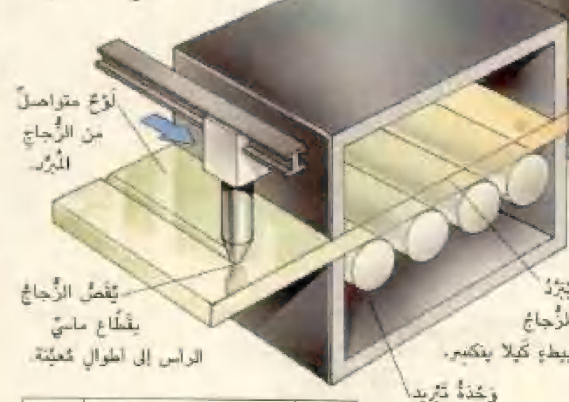
الرّجّاج أحد أقدم الموادّ المُستحضرة اصطناعيًا، إذ يرجع تاريخ صنّاعته إلى ما قبل 5000 سنة. والرّجّاج فعلاً هو رملٌ ساخنٌ مُبرّد لمّا يكتسب شكله - لذا تجد ألواح الرّجّاج العتيقة أخضرًا قليلًا في قاعدتها. والرّجّاج مادةٌ مفيدة جدًا لأنه سهل التشكيل إلى أوعية شفافة صلبة، لا يصدأ ولا يتأثر بالكيمائيات. وهو أيضًا رخيص التصنيع ويمكن إعادة تدويره مرّات عديدة. ويُستخدم الرّجّاج على نطاق واسع - من أكواب الشراب إلى عدسات تصحيح الرؤية. ويمكن تغيير خصائصه بإضافة الكيمائيات أو مواد أخرى كالأسلاك أو بالتحكم في نمط تبريده.

## عملية القولة

### صنّع القوارير

نُستخدم قوالب خاصة في تشكيل الرّجّاج المنصهر إلى أشكال مختلفة. ففي تشكيل القوارير، مثلاً، تُسقط كُمرة من الرّجّاج المنصهر في قالب التشكيل وتُدفع إلى قعر القالب بالهواء المضغوط. ويُنفخ الهواء ضغفًا عبر الكُمرة (كتلة الرّجّاج) لتشكيل القارورة مبدئيًا. ثم تُنقل هذه إلى قالب آخر حيث تُنفخ ضغفًا لتأخذ شكل القارورة النهائي.

## طريقة الرّجّاج المُعوّم



صنّع ألواح النوافذ الرّجّاجية عمليةٌ عسيرة جدًا. في إحدى طُرُق التصنيع تُسقط ألواح الرّجّاج بين دحاريج دوّارة، لكنّ الألواح الناتجة لا تبلغ حدّ الكمّال. لكنّ ذلك يتحقّق بطريقةٍ بارعة هي طريقة الرّجّاج المُعوّم. في هذه الطريقة، يُعوّم الرّجّاج المنصهر فوق معبّس من القصدير المنصهر، فيصبح سطح الرّجّاج قليلاً ناعمًا الاستواء كسطح الفلّز نحت. ثم يُنقل الرّجّاج بواسطة الدحاريج الدوّارة للتبريد والتّثبيت.

يتكوّن الرّجّاج بالكيمائيات، فكريتيدي السليوم يكتسب الصلابة وأكسيد النحاس يكسبه الزّرقاء وتجعّله الألومينا والمُضافات لتبيّن اللون.

## تغيير خصائص الرّجّاج

الطريقة التي يُعالج بها الرّجّاج بعد خروجه من الفرن تُغيّر خصائصه فتجعلها ملائمة لأغراض مُعيّنة. فالتبريد السريع ينافذات الهواء يُنتج رّجّاجًا متينًا يُضلع لِنوافذ السيارات. وبإضافة الكوبالت وأكسيد السليوم يُمكن إزالة مسحة الاخضرار من الرّجّاج الخام.

نُستخدم ألياف الرّجّاج الدقيقة في عزل الصوت والحرارة وفي تقوية اللّذان.

لزيد من المعلومات انظر
تغيّرات الحالة ص 20
أشياء الفلزّات ص 39
الألياف ص 107
تقسيم المواد ص 111
الانعكاس ص 194
حقائق ومعلومات ص 406

يُضاف أكسيد البورون إلى خامات الرّجّاج الأولى لِصنع رّجّاج البوروسليكات. ويُستعمل هذا الرّجّاج في صنّع أطباق الافران ولواني المُختبرات الزجاجية لأنه صامدٌ للتغيّرات في درجات الحرارة.



## تصميم المواد

كَمْ يَكُونُ الْعَيْشُ فِي بَيْنِكُمْ مُخْتَلِفًا وَعَسِيرًا لَوْ كَانَ كُلُّ مَا فِيهِ مَصْنُوعًا مِنْ مَادَّةٍ وَاحِدَةٍ كَالْفُورْلَادِ! المعروفُ أَنَّ الْبَيْتَ يَتَطَلَّبُ أَصْنَافًا مُتَعَدِّدَةً مُتَنَوِّعَةً مِنَ الْمَوَادِّ - فِطَارَاتِ النَوَافِدِ مَثَلًا، تُصْنَعُ مِنَ الْخَشَبِ الْمَتِينِ، بَيْنَمَا تُتَّخَذُ مَاطُورَاتُهَا مِنَ الْوَحْجِ لِإِنْفَاقِ الضَّوءِ وَحَدِّ الْمَطَرِ. وَالْيَوْمَ، قَدْ يُسْتَبَدَلُ بِالْخَشَبِ اللَّدَائِنُ، كَمَا قَدْ تَرَجَّجَ النَوَافِدُ بِالْوَحْجِ مُزْدَوِجَةً لِمَنْعِ سُرُوبِ الْحَرَارَةِ. وَمَا فَتَى النَّاسُ يَبْحَثُونَ عَنْ مَوَادِّ جَدِيدَةٍ تَجْعَلُ سُبُلَ الْعَيْشِ أَيْسَرَ وَأَقْلَ تَكْلِفَةً. وَقَدْ يَتَضَمَّنُ هَذَا السَّعْيُ اسْتِخْدَامَ مَوَادِّ قَدِيمَةٍ بِأَسَالِبٍ جَدِيدَةٍ، أَوْ ضَمَّ مَوَادِّ مُخْتَلِفَةٍ بَعْضُهَا إِلَى بَعْضٍ، أَوْ إِجْرَاءَ تَجَارِبٍ عَلَى الْكِيمَاوِيَّاتِ لَا يَتَكَارَرُ مَوَادِّ جَدِيدَةٍ تَمَامًا. وَيَبْغِي إِخْضَاعُ كُلِّ مَادَّةٍ أَوْ تَوَلِيدُهُ مَوَادِّ جَدِيدَةٍ لاختباراتٍ دَقِيقَةٍ شَامِلَةٍ لِلتَّكَادُّبِ مِنْ صِلَاحِيَّتِهَا.



### لَدَائِنُ مُعَزَّزَةٌ بِالرُّجَاجِ

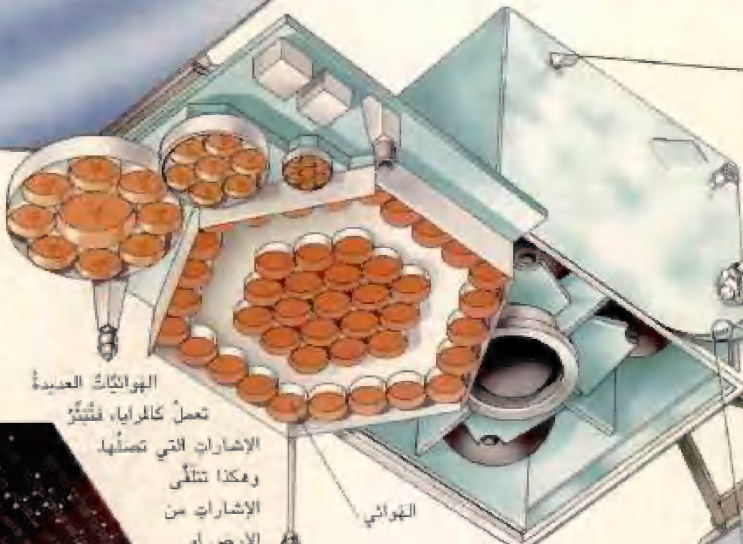
تَكْتَسِبُ اللَّدَائِنُ قُوَّةً إِضَافِيَةً إِذَا عَزَّزَتْ بِالْأَلْيَافِ الرُّجَاجِيَّةِ، وَتَعْرِفُ حَيْثُ يُسْتَخْدَمُ هَذَا الرُّجَاجُ فِي بِنَاءِ الْفَوَارِثِ وَغَيْرِهَا مِنَ التَّجْهِيْزَاتِ، وَهُوَ مِثْلُ عَلَى مَادَّةٍ مُوْتَلَقَةٍ تَجْتَمِعُ فِيهَا مَادَّتَيْنِ شَائِعَتَيْنِ.

يَتَأَلَّفُ هَيْكَلُ السَّائِلِ (الْفَرَسِ الْمَصْنَاعِي) مِنْ قَلْبٍ لَدَائِنِيٍّ أَوْ مَعْدِنِيٍّ تُخْرُوجِي الْبُنْيَةَ مُصَفَّحًا مِنَ الْجَانِبَيْنِ بِالْوَحْجِ لَدَائِنِيَّةٍ مُعَزَّزَةٍ بِالْأَلْيَافِ كَرْبُونِيَّةٍ مُعَزَّزَةٍ بِمُصَوِّقَاتٍ غَنِيَّةٍ.

تُلَاصِقُ اللَّدَائِنَةُ الْغَطَائِيَّةَ عَلَى هَذَا الْجَانِبِ مِنَ الْغِشَاءِ الْفَرَاشِيِّ

غِشَاءٌ غَرَاشِي

قَلْبٌ مَعْدِنِيٌّ (فَلَرِي) أَوْ لَدَائِنِيٌّ تُخْرُوجِي الْبُنْيَةَ



### مَوَادُّ السَّوَاتِلِ

لِكَيْ تَحْتَمِلَ السَّوَاتِلُ طُرُوفَ الْقَدْفِ وَالْإِنْفَاقِ الْقَاسِيَةَ إِلَى الْفَضَاءِ وَفِيهِ، يَبْغِي أَنْ تُبْنَى مِنْ مَوَادِّ خَاصَّةٍ أَكْثَرُ مَرُونَةٍ وَمَتَانَةٍ مِنَ الْخَشَبِ أَوْ الْمَعْدِنِ. لِنَا تُصْنَعُ السَّوَاتِلُ مِنْ مَوَادِّ مُطَوَّرَةٍ خَفِيفَةٍ لِلذَّكَ - خَفِيفَةً لِيَسِيرَ الْإِنْفَاقُ مِنَ الْأَرْضِ، وَمَتِينَةً لِتَحْتَمِلَ الْإِجْهَادَاتِ وَالْإِنْفِعَالَاتِ الَّتِي تُجَاوِزُ السَّوَاتِلُ فِي مَدَارَاتِهَا حَوْلَ الْأَرْضِ.



### مَوَادُّ لِنْفَاقِ الْحَيَاةِ

مِنْ أَمَمِ إِجْرَازَاتِ الْقَلْبِ الْحَدِيدِ إِمْكَانِيَّةٌ تَعْوِضُ الْكَثِيرَ مِنْ أَجْزَاءِ الْجِسْمِ الْغَلِيلَةِ أَوْ الْمُغَطَّلَةِ بِدَائِلِ اصْطِنَاعِيَّةٍ. تَتَشَكَّلُ السَّائِلُ الْفَلَرِيَّةُ فِي طَعْنِ صَفَاحِ الْفَخْفَفِ، وَالْمُؤْتَلِفَاتِ الْفَلَرِيَّةِ اللَّدَائِنِيَّةِ فِي مَنَاقِلِ الْخَوْضِ الْإِصْطِنَاعِيَّةِ، وَالْأَلْيَافِ النَسِيجِيَّةِ فِي مَنَاقِلِ الْأَوْبِيَّةِ النُّعْمَةِ. وَتَحْرِي حَالًا تَجَارِبُ عَلَى الْقُلُوبِ الْإِصْطِنَاعِيَّةِ مِنَ اللَّدَائِنِ الْأَلُومِينِيَّةِ.

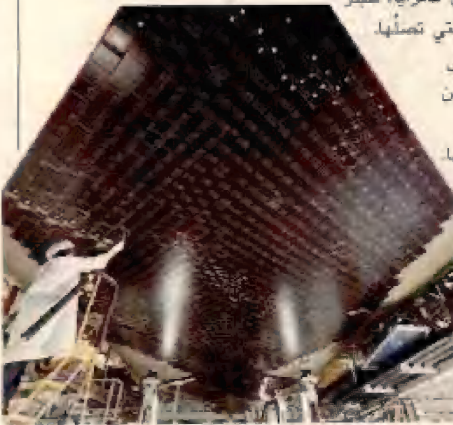


### رَضْدُ النُّجُومِ

لِنُتَخَذَ التِّلْكَوْمِيَّاتِ الْعَمَلَاءَ لِمُسْتَكْشَفِ أَحْوَاءِ الْفَضَاءِ الرَّحِيبِ. وَمِنْ أَمَمِ نُقُومَاتِ التِّلْكَوْمِ الْمَرَاءَةِ الضَّخْمَةِ اللَّازِمَةِ لِكُنُوفِ صَوْرَةٍ وَاضِحَةٍ يَسْتَطِيعُ عِلْمَاءُ الْفَلَكِ رَوْنَهَا مُفْطَلَةً. وَتُصْنَعُ أَمْثَالُ هَذِهِ الْمَرَاءَةِ مِنْ رُجَاجٍ خَرَقَتِي مَتْنٍ لَا يَتَهَشَّمُ بِقَلِّ الْمَرَاءَةِ كَمَا لَا يَنْأَثُرُ شَكْلُهُ بِتَغْيِيرِ دَرَجَاتِ الْحَرَارَةِ.

بِقُشْلِ الْمَوَادِّ الْمُطَوَّرَةِ تَسْتَطِيعُ السَّوَاتِلُ الضَّخْمَةُ الْإِنْفِاقَ بِسُرْعَةٍ فِي أَرْجَاءِ الْفَضَاءِ - مِنْ حَيْثُ يُمْكِنُهَا إِرسَالُ الْإِشَارَاتِ بِوَقْتٍ إِلَى أَيِّ نَقْطَةٍ عَلَى سَطْحِ الْأَرْضِ.

الْهَوَاتِيَّاتُ الْعَبِيدَةُ تَعْمَلُ كَالْمَرَايَا، فَتَقْبَلُ الْإِشَارَاتِ الَّتِي تَصْلِيهَا وَهَكَذَا تَتَلَقَّى الْإِشَارَاتِ مِنَ الْأَرْضِ أَوْ تَرْسِلُهَا إِلَيْهَا.



### مَوَادُّ مُقَاوِمَةٌ لِلْحَرَارَةِ

تَسْتَطِيعُ السَّائِلُ الْخَرَقِيَّةُ الْفَلَرِيَّةُ (الشَّرْمَتُ) الصُّمُودَ لِدَرَجَاتِ الْحَرَارَةِ الْعَالِيَةِ جَدًّا. وَمِنْ تِلْكَ السَّائِلِ تُصْنَعُ أَرِيَافُ التَّرِيْسَاتِ الْقَائِيَّةِ وَمَنَاقِلُ الصَّوَابِيخِ الَّتِي تَرْتَفِعُ دَرَجَةً حَرَارَتِهَا ارْتِفَاعًا مُدْهِلًا أَيْنَاءَ الْعَمَلِ. وَيَتَعَزَّلُ الْمَكُونُ الْفَضَائِيُّ بِأَلْفِ أَجْزٍ الشَّرْمَتِ لِمُقَاوِمَةِ خَرَارَةِ الْإِحْتِكَائِ النَّاتِجَةِ خِلَالِ عَوْدَتِهِ إِلَى جُزْءِ الْأَرْضِ.

### لِمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- خُصَائِصُ الْمَادَّةِ ص ٢٢
- السَّائِلُ ص ٨٨
- الْأَلْيَافُ ص ١٠٧ - الْوَزَقُ ص ١٠٨
- الْخَرَقَاتُ ص ١٠٩
- الرُّجَاجُ ص ١١٠
- حِفَافَاتُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤٠٦



# التلوث الصناعي

التلوث هو النتيجة الطبيعية لاستعمالنا أنواعاً مختلفة من المواد التي تنبعث إلى المحيط الذي نعيش فيه ملوثات تُضر بالكائنات الحية وبمختلف البنى والإنشاءات. حتى قرابة مئتي عام خلت ظل التلوث البيئي قليلاً ومحدوداً لأن عدد السكان كان أقل وكان استخدام الناس في غالبيته مقصوراً على المواد الطبيعية. فكانت فضلاتهم تتفكك وتتحلل بفعل ميكروبات التربة. أما اليوم فالمصانع والسيارات والكثير من المكنات ومحطات القدرة تُسوّء البيئة بملوثاتها، كما إن بعض ثفاياتنا وفضلاتنا غير قابلة للتفكك، وهي تلوث اليابسة والماء والهواء. ويحاول خبراء الصناعة حالياً الحد من التلوث الذي تسببه الصناعات المختلفة.



## تغطية المناظر المؤدية

تغطي المكنات القريبة من المدن بالغازات التي تُحرّن فوق صفائح من البوليمر للتحكم في تصريف المياه. أما الميثان الناتج عن تفكك النفايات كيميائياً فيُجمع في أنابيب ويُستخدم كوقود. وعندما يتلوث المكب، تُغلق النفايات بالتراب وتُعرّس بالنباتات المناسبة لخلق مواطن جديدة للحوانات.

جسيمات الأتربة الصلبة يمكن إزالتها في الداخل بواسطة فرشّج الكترولستاتي، حيث تتجذب الجسيمات على الجدران الداخلية للمبنة.

لاستخدام البترين غير المرصص، يُخفّض تلوث البيئة بالرماس.

## طبقة الأوزون

كثير من مواد مياه الشرب يمكن استبدالها كمواذ أولية في عمليات صناعية أخرى.

الغازات الكربونية المُهلجنة بالكولور والفلور والتي تُستخدم في البرفئات ووسائل التبريد تُثقل طبقة الأوزون عندما تنسرب إلى أعالي الجو. ويجري حالياً استبدال ثاني أكسيد الكربون والغازات الهيدروكربونية المناسبة، التي لا تؤثر في طبقة الأوزون، بتلك الغازات المُهلجنة.

يمكن تخفيض كميات ثاني أكسيد الكبريت في الأدخنة باستخدام وفوق خالي من الكبريت، أو برشّ الدخان بالماء قبل أن يترك المدخنة.

## أشكال من التلوث

يتخذ التلوث أو التلوث الصناعي أشكالاً عديدة:

فاستخراج المواد الأولية من الأرض يُثقل مواطن التبت والحيوان ويترك حفرًا هائلة. وتولّد أكوام النفايات الصناعية الجامدة نللاً لا تحلو للناظرين. وقد تنتج أدخنة المصانع حوامض في الشحب ومطرًا حامضياً مُضرّاً بالنبت أو تنترج مع غازات المواد من وسائل النقل ناشرة الضحان (الضباب الدخاني) فوق المدن. وقد تحوي المياه المنسرفة من المصانع فضلات تسمم الأحياء المائية. ولا تنسى نبع الزيت الضخمة على صفحة مياه البحر عند تعرّض البواخر أو ناقلات الزيت للحوادث.

## حفظ الحرارة

إذا بُدّلت الحرارة في المباني، فينبغي تعريضها بحرق كميات أكثر من الوقود، وهذا يكلف مالا ويسبب مزيداً من التلوث. ويمكن الكشف عن فقدان الطاقة الحرارية من مضع أو مبنى بتصويره بالأشعة تحت الحمراء، حيث تظهر على الصورة المناطق الأكثر قسماً للحرارة باللون الأبيض. إن معالجة هذه المناطق باستخدام عزل إضافي يُحد من فقد الحرارة.

صورة تُمثل تلوين ثبوت فقدان الحرارة في مبنى متعدد الطوابق.



## إعادة تدوير المواد

تُستهلك مواد أولية أقل إذا أُعيد تدوير المواد في النفايات - وهكذا، تُصان المواد الأولية لاستخدامها في مراحل مستقبلية، كما يُخفّض التلوث وتوفر الطاقة. فاستخدام المواد المُعادة التدوير في صنع غلب الألومنيوم مثلاً، يُوفّر ٩٥ بالمئة من الطاقة ويخفّض أيضاً ٩٥ بالمئة من التلوث.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الكبريت ص ٤٥
- الحفارات ص ٥٦
- كيمياة الهواء ص ٧٤
- صناعة الكيماويات ص ٨٢
- الغلاف الحيوي ص ٣٧٠
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦



# القوى والطاقة

كُلُّ ما يحدث، من بَرَقِ البرق إلى شَدِّ شريط الحذاء، يتطلب طاقة؛ فيدون الطاقة لا شيء يستطيع العيش أو الحركة. الحيوانات تستخدم الطاقة في السير والركض، والنباتات تستخدمها في النمو. الريح بالطاقة تهب، والأمواج بها تموج عبر المحيط، والسيارة تسير بالطاقة المختزنة في وقودها. لكن كل هذه الأشياء ما كانت تتم في غياب قوى فاعلة، فاستخدام الطاقة ينطوي دومًا على قوى بشكل أو بآخر. فالقوى ضرورية لبدء حركة الأشياء، أو لتغيير نمط حركتها،

أو لإيقافها عن الحركة. وبالقوى أيضًا تُفتت الأشياء أو يُشد بعضها إلى بعض. فيدون القوى والطاقة لا يمكن أن يحدث أي شيء في الكون.



## استخدام الريح

ينطوي زفوف الأمواج الشراعي على استخدام القوى والطاقة ببراعة. فيستخدم زافيو الأمواج طاقتهم الجسدية للتحكم بالروح والقوى فوق الأمواج، بينما تولد طاقة الريح القوة التي تدفعهم قُدُمًا. وإذا تجاوزت هذه القوة حدًا في أي اتجاه يخلل توازن اللوح فيقلب براكبه. لذلك يبدئ راكب الأمواج قوة ضد اتجاه هبوب الريح تمكنه من حفظ توازنه وإبقاء الشراع منتصبًا.

تؤثر القوى في كل شيء حتى في الجسيمات الدقيقة المجهريّة.



## طاقة من الشمس

توفر الشمس معظم الطاقة التي نحتاج إليها بالضوء الذي تشعه. في ساعة واحدة يصل الأرض من الطاقة الشمسية أكثر مما تسهله البشرية جمعاء في سنة كاملة. أما النباتات، فتلوّار الشمس أعلاه، فحتاج الطاقة الشمسية لتنمو، وهي تخزن بعضًا منها كطاقة كيميائية. والحيوان الذي يأكل تلك النباتات يستخدم تلك الطاقة المخزنة.



## القوى في المباني

تشيّد الأبنية بأخذون في الجسبان ضرورة صمودها للقوى الكبيرة التي قد تتعرض لها كجلا تهاجر. فهذا السقف، في إحدى محطات مطار جدة بالمملكة العربية السعودية، مصنوع من دجاج ليفي أثن من الفولاذ، تمنّله القوى المتشكّلة بأساطير فريدة.

## في الفضاء

تعمل القوى والطاقة على نطاق واسع في الفضاء. فالنجوم تسطع بسا تشعه من طاقة حرارية وضوئية. ويبقى جو النجم حوالي بقوة الجاذبية - وهي القوة ذاتها التي تجذب الأجسام إلى الأرض.



## أضواء الليل

الكهرباء شكل من أشكال الطاقة يُؤد في محطات قدرة ضخمة، ويُقل بالكبيلات عبر مسافات طويلة إلى المنازل والمكاتب والمصانع. ويكنّية زرّ يفلدي تتحوّل هذه الطاقة بسهولة إلى طاقة حرارية أو صوتية أو إلى قدرة ميكانيكية.

## القوى دون الذرية

تؤثر القوى في الجسيمات الدقيقة كما في الأجسام الضخمة. فالقوى المؤثرة داخل نوى الذرات هي أشد القوى، وهي القوى التي تتحرّز طاقتها في انفجار قبلّة نووية.



# القوى

## القوى في الطيران

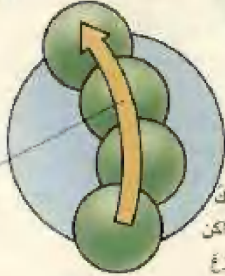
تؤثر على الطائرة أثناء الطيران قوى أرفع، فالمحرك يُولد قوة الدفع إلى الأمام، والجناحان يُولدان قوة الرفع صاعدة، وقوة الجاذبية الأرضية تُشد الطائرة إلى أسفل، بينما تعيق مقاومة الهواء سُرَّ الطائرة بقوة رد الفعل الناتجة عن دفعها فيه.



تُحيط بنا القوى من كلِّ جانب؛ والقوة دفع أو شدُّ يؤثر في الجسم. فالريُّح تبدلُ قوة حين تهبُّ، والجاذبية الأرضية قوة تجذب الأشياء نحو مركز الأرض فتكسبها أوزانها. والحيوانات والمكينات أيضًا تؤثر بقوى مختلفة. فعندما تيبُّ جُنْدَبَةٌ من سطح ورقة نبات، تضغط ساقها بقوة صغيرة عليها. والمكينات تُستخدم لتوليد قوى ضخمة، فالمحرك النفث يُولد قوة أكبر بملايين المرات من القوة التي تحدثها وتبُّه الجُنْدَبَة.



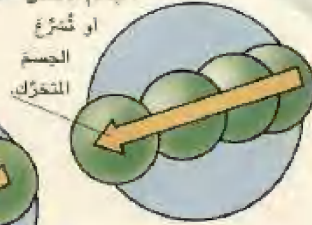
القوى يمكنها أن توقف الأجسام المتحركة أو تُبطئ سرعتها.



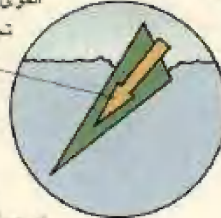
القوى يمكنها أن تُغيِّر اتجاه الجسم المتحرك.



القوى يمكنها أن تجعل الجسم المتحرك يركب.



القوى يمكنها أن تجعل الجسم الساكن أو تُسرِّع الجسم المتحرك.



القوى يمكنها أن تجعل الجسم يغوص أو يطفو في سائل.



قوى الازدواج يمكنها أن تجعل الجسم يرم أو يدور.



القوى يمكنها أن تؤنِّس الجسم أو تشوِّهه.

## تأثيرات القوى

أربعة أشياء رئيسية قد تحدث إذا ما دفعت قوة جسمًا أو شدته. فالجسم الساكن قد يبدأ بالتحرك، والجسم المتحرك قد تتغير سرعته أو يتغير اتجاهه، أو قد يتغير شكل الجسم أو حجمه بذلك. وكلما ازدادت القوة يزداد تأثيرها.

## قوى الطبيعة

يتعشَّ أحوال الطقس تولد قوى عظيمة. فالاعاصير الدوامية قد تُحلب دمارًا هائلًا، والاضخم منها قد يفلت عاليًا في الجو كل ما يعترض طريقه، من سيارات وأبنية وأشجار ثم يُسقطها لتسحق على بُعْد مئات الأميال من مواقعها الأصلية. والاعصار الدوامي الأكثر تدميرًا هو المسجل عام ١٩٢٥ في الولايات المتحدة الأمريكية حيث قُتل مئاة الأشخاص ودمرت المباني وقُلبت السيارات واقتلعت الأشجار بعرض ٣٠٠ متر على مدى تسارة الشايح.



## مَجالات القوة

مَجَال القوة هو المنطقة التي يُشعر بتأثيرها فيها، وترداد شدَّة المجال بالاقتراب من مصدر القوة، كمغناطيس مثلاً. فإذا تَنَزَّعت برادة الحديد على صفحة ورق موضوعة فوق قضيب مغناطيسي، نراها تتجمع بموازاة خطوط القوة في المجال المغناطيسي. وتبيِّن هذه الخطوط نسق انتشار مجال القوة حول المغناطيس.



## عبد السلام

في العام ١٩٧٩، أصبح العالم الباكستاني، عبد السلام، (المولود عام ١٩٢٦) أول شخص من بلاده يتأهل جائزة نوبل. كان عبد السلام يرغب في أن يتأهل وظيفة حكومية، لكن القدر أراد له غير ذلك إذ حصل عبد السلام على منحة لدراسة الفيزياء في جامعة كيمبريدج، بإنجلترا. وهناك طور نظرية القوة الكهرواجنة. وقد نبئت صحة آرائه في المختبر الأوروبي للأبحاث (سيرن)، بالقرب من جنيف، سويسرا، عام ١٩٧٣.



لوحات الساتل  
الشخصية تولد الكهرباء  
من ضوء الشمس.

الجاذبية قوة بعيدة المدى  
فالجاذبية الأرضية تمتد  
أثرها بعيداً في الفضاء  
بحيث تُبقي المسائل في  
مداراتها.

الطاقة الحرارية  
والضوئية المنتجة من  
الشمس تصددها القوى  
النووية في ذراتها.

## القوى الأساسية

القوى الأساسية هي الجاذبية والكهربائية والمغناطيسية ونوعان من القوة النووية دُعيا الواجبة والقوية، وجميع ما تبقى من القوى مُستند بشكل أو بآخر من هذه القوى الأساسية. في العام ١٩٧٩، نال جائزة نوبل للفيزياء كل من شيلدن جلاشو وستيفن واينبرغ وعبد السلام لبراعتهم أن القوى المغناطيسية والكهربائية والنووية الواجبة هي في الحقيقة مظاهر لقوة واحدة هي القوة الكهرواجنة. ويُحاول العلماء حالياً بزهة النظرية الموحدة العظمى (ان م ع) القائلة بوجود علاقة تربط بين الجاذبية والقوة النووية القوية وبين القوة الكهرواجنة.

## قوى التماس والتلاصق

تنتج بعض القوى فقط عندما يمس جسم جسمًا آخر، وتُعرف هذه القوى بقوى التماس أو التماس. وهناك قوى أخرى تعمل أو تؤثر دونما تماس. فالمغناطيس مثلاً، يستطيع جذب قطعة من الحديد دون أن يلمسها. وتُعرف هذه القوى بقوى التلاصق.

الأرض بمغناطيس  
ضخم، تجعل قوتها  
إبرة البوصلة تتخذ  
اتجاهها نحو الشمال  
أيضا كان على  
سطحها.

بازدياد القوة المُسلطة على  
الكُرّة، تزداد المسافة التي  
تقطعها الكرة.

الكهربائية الساكنة في  
المسطرة تجعل قلمك  
الورق النسيجي  
الصغيرة تقفز نحو  
المسطرة وتعلق بها.

## القوى الكهربائية

تُشحن المسطرة الدائرية بالكهربائية الساكنة إذا دُلكت بقميص من الصوف أو القابلية. وهذه الكهرباء تجعل المسطرة تجذب قطعاً ورقية صغيرة تحوها بدون أن تلمسها.

## الحَبْط بالقوة

التماس الجيد ضروري عندما يخطئ اللاعب كرة البليارد بعضاء. فتقوة دفع العصا تُسلط قوة تماس الكرة فتتحركها. وإذا ارتطمت الكرة المتحركة بكرّة أخرى ساكنة، فإن صدمة التماس تحرك الكرة الثانية.

## القوة المرنة

في القفز العالي بالزانة (أو العصا الطويلة)، يُشحن اللاعب بمرونة عصاه. فهو يُثبت طرف الزانة في الأرض ثم يثني الطرف الآخر بقوة مُتزايدة وهو يقفز. ويعود استقامة الزانة تُسلط بمرونتها قوة دفع على اللاعب تُمكّنه من القفز عالياً. والتلاصق حاضراً هنا طبقاً بين اللاعب وعصاه!

### لمزيد من المعلومات انظر

- القوى والحركة ص ١٢٠
- مصادر الطاقة ص ١٣٤
- الطاقة النووية ص ١٣٦
- الكهربائية الساكنة ص ١٤٦
- المغناطيسية ص ١٥٤
- بنية الأرض ص ٢١٢
- الأعاصير الدوامية ص ٢٥٩

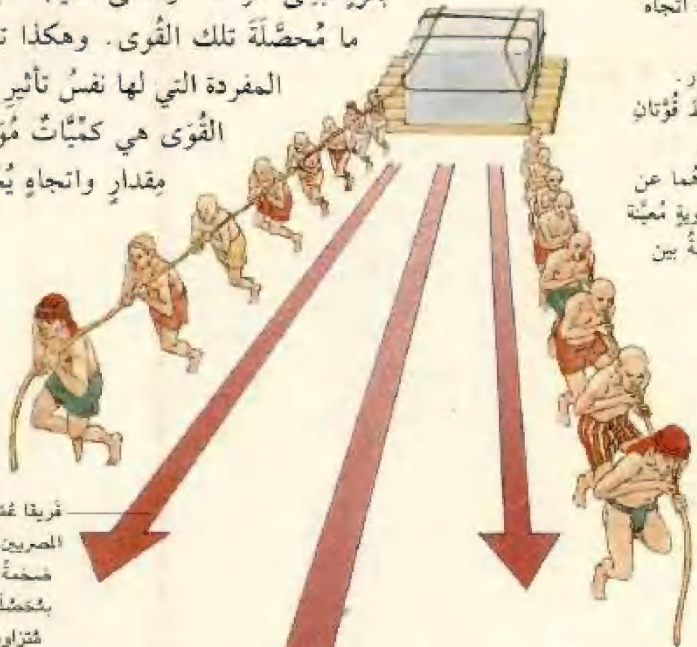


# جَمْعُ الْقَوَى وَمَحْصَلَاتُهَا

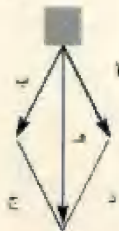
الكثير من الأجسام يُؤثر فيها أكثر من قوة واحدة. فوزن اليخت مثلاً، قوة تشدّه إلى أسفل فيما يدفعه الماء إلى أعلى بقوة مُعَادِلَةٍ تمنعه من الغرق. ونهبُ الرّيح على الأشربة فتدفع اليخت بقوة عبّر الماء، لكنّ الماء يُضادُّ حركة المركب بقوة تبطل سرعته. وتُدعى النتيجة الإجمالية لتأثير قوتين أو أكثر في جسم ما مُحَصَّلَة تلك القوى. وهكذا نعرف مُحَصَّلَة قوتين بأنّها القوة المفردة التي لها نفس تأثير القوتين معاً. وجددير بالذكر أنّ القوى هي كمّيات مُوجَّهة؛ والكميّة المُوجَّهة ذات مقدار واتجاه يُحدّدانها.

## المُحَصَّلَة

لإيجاد مُحَصَّلَة قوَى مُتَعَدِّدَة يتوجّب أخذ اتّجاه ومقدار كلّ منها بالاعتبار. وعندما تُسلط قوتان على الجسم وتميل إحداهما عن الأخرى بزاوية مُعيّنة تقع المُحَصَّلَة بين القوتين.



فريقا غشال من قداماء المصريين يجذّون كتلة ضخمة من الصخر بشتملة قوتين شتزاويتين.



المُحَصَّلَة تُؤدُّ الكتلة إلى الامام.

## مُتَوَازِي الْقَوَى

إذا أثرت قوتان في جسم باتجاهين مختلفين، وبزاوية مُعيّنة بينهما، يُمكننا إيجاد مُحَصَّلَاتُهما برسم مُتَوَازِي أضلاع يُمثّل الضلعان (أ) و (ب) في مقدار واتّجاه القوتين. ثمّ تكمل المُتَوَازِي برسم الضلعين (ج) و (د) مُوَارِثَيْن لـ (أ) و (ب) على التوالي، حينئذ يُمثّل القطر (هـ) بمقدار واتّجاه المُحَصَّلَة.



عندما يجذب قضيبا المغنطيس الكُرَيَاتِ الفولاذيّة بقوَتَيْن مُتساويتَيْن ومُتضادّتين، تبقى الكُرَيَاتُ ساكنة في مواقعها ولا تتحرّك نحو أيّ من المغنطيسين.

## قوى الإبحار الشراعي

يُسمّى البحارة تراكيبهم الشراعية في الاتّجاه الذي يريدونه بغض النظر عن اتّجاه هبوب الرّيح. ذلك لأنّ هناك قوتين متضادّتين لإنتاج مُحَصَّلَة تدفع المركب في الاتّجاه المُعيّن: القوة على الأشربة، وهي تعتمد على اتّجاه الرّيح وعلى موقع الأشربة، والقوة التي يُنتجها صالِب القاعدة وهي تمنع انحراف المركب جانبيّاً.

## رَفْعُ الْأَثْقَالِ

إذا أثرت قوتان مُختلفتا المقدار في جسم في اتجاهين مُتضادّين، فانّ اتّجاه المُحَصَّلَة هو اتّجاه القوة الأكبر. لذلك يُجهد رافع الأثقال في بذل قوّة رفع قصوى على الثقل المراد رفعه، في حين يشدّ الثقل بوزنه إلى أسفل. إنّ على رافع الأثقال أن يبدل قوّة رفع أكبر من وزن الثقل كي يستطيع رفعه. أمّا إذا كان وزن الثقل هو الأكبر فإنّ الثقل سيسقط مُرتدّاً إلى الأرض.



## القوى المُتساوية المُتضادّة

إذا سلطت قوتان على جسم في اتجاهين مُتضادّين مُتساويتين، فإنّهما تتعادلان - أي تعادل إحداهما الأخرى - وتكون المُحَصَّلَة صفراً، فلا يتحرّك الجسم.

## القوى المُتساوية

عندما تشدّ القوَى في اتّجاه واحد مُتخطّطتها في مجموعها. فإذا عمّلت قاطرتان معاً على جرّ قطار في الاتّجاه نفسه، فإنّ قوَتَيْهما تتضامان، وتكون المُحَصَّلَة ضعفت قوّة القاطرة الواحدة.

### لمزيد من المعلومات انظر

- القوى ص ١١٤
- القوى في الموائع ص ١٢٨
- الظلمة والغلبان ص ١٢٩
- المغنطيسية ص ١٥٤
- حقائق وتعلّيمات ص ٤٠٨



# القوى المتوازنة

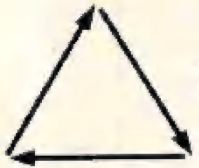


إذا سُلطت قوة على جسم ولم يحدث شيء، فهذا يعني أن القوة المسلطة توازنها قوة أخرى. ففي لعبة شد الحبل مثلاً، قد يشد كل من الفريقين بجهد وقوة بالعين والحبل باقٍ في موضعه. ذلك لأن قوى الفريقين متعادلة؛ فهما يشدان في اتجاهين متضادين بقوى متساوية، بحيث يكون الناتج الإجمالي لقوى الفريقين محصلة صفرية. فنقول إن الحبل أو الجسم في حالة توازن. وحين تجلس أنت على كرسي، فإنك تضغط عليه إلى أسفل بقوة تعادل وزنك. وإذا لم يتقوّض الكرسي، فذلك لأنه يدفع إلى أعلى بقوة مساوية لوزنك.

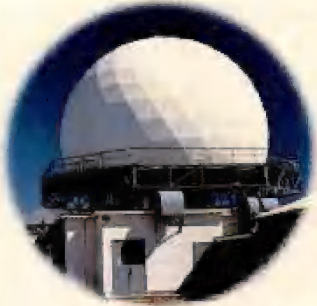


إذا انقطع أحد حبال الخيمة، يهبط التوازن وتهتز الخيمة.

شد الحبال في الخيمة عندما تُضبط الخيمة بشكل صحيح تُرسبها حبالها المشدودة من مختلف جوانبها، فلا تتقرّص. فالخيماء من كل جانب في الخيمة تُشد في اتجاه مُضاد لِشدّ حبال الجانب الآخر، فتتوازن فتحدث الخيمة من كافة الجوانب وتُرسبها.



إذا كانت ثلاث قوى في حالة توازن، فإن رشتها بقياس يسمى يُولفث مثلثاً - تمثل فيه الأضلاع مقدار واتجاه القوى. وتكون جميع هذه الاتجاهات مُوحدة في اتجاه عقارب الساعة أو عكسها.

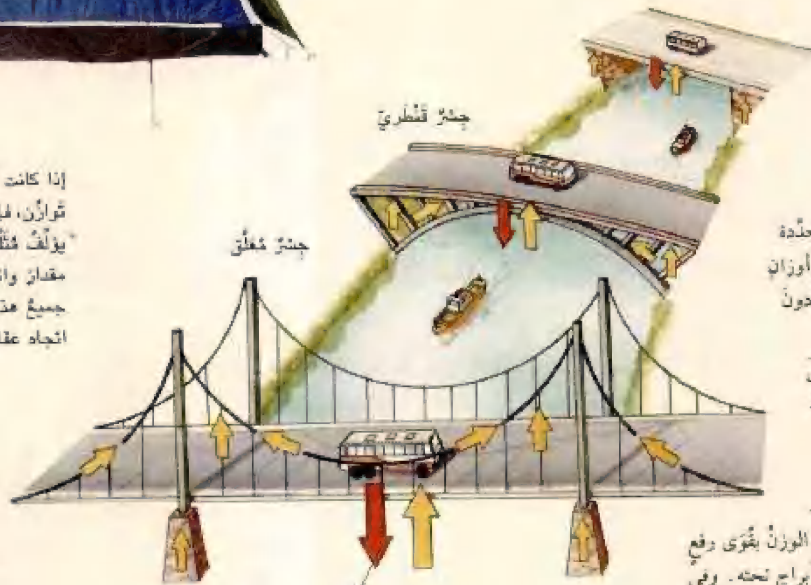


## المثلث هو الأيمن

الشكل المثلثي هو الأيمن كوحدة بناء، فهو فريد في مقاومته للانفعال أو الليّ والانهار تحت الضغط. لذا يصمّم الكثير من المباني والجسور على أساس أشكال مثلثية. إن القطاعات المثلثية في النّبة الرّادارية أعلام، تسمح بنائها من الزجاج الليّني، الذي هو، بخلاف الخرسانة، شفاف للأموح اللاسلكية.

### لمزيد من المعلومات انظر

- تصميم المواد ص ١١١
- القوى ص ١١٤
- القوى والحركة ص ١٢٠
- الحافضية ص ١٢٢
- قوى الدوران والتدوير ص ١٢٤
- الرافعة ص ١٦٤



الوزن الشا إلى أسفل تواجهه قوى دفع إلى أعلى.

جسر عتيق

## بناء الجسور

تُبنى الجسور بمواصفات محدّدة لتستطيع حمل أوزانها هي وأوزان حركة المرور الكثيف عبّرها دون أن تنهار. فلا بُد أن توازن قوى الشدّ المُتوقّعة إلى أسفل بقوى الدفع إلى أعلى. تُستط أنواع الجسور هو الجسر العتيق (الأقنيّ القوارص) المُدعّم ببحر من كل طرف. أمّا في الجسر الشّعلي فيدعّم الوزن بقوى دفع من الكيّلات فوقه كما من الأبراج تحته. وفي الجسر القنطري، تنقل إنشاءات القنطرة المقوّسة الوزن إلى الدعائم في طريقه.

## القوى في الأبنية

يُصمّم مهندسو العمارة الأبنية بحيث تكون القوى المؤثرة على جدرانها وأساساتها متوازنة، وألاّ تعرضت للانهار. ويلاحظ أن الجدران الخارجية لكثير من كاتدرائيات العصور الوسطى مستدّة بدعائم زاهرة تنصبّ عالياً من الأرض لموازنة تلك الجدران في حمل وزن السقف الهائل. وفي الصورة المرفقة بعض أكثر هذه الدعائم تعقيداً في كاتدرائية لمان، بفرنسا!



## حمل الجمل

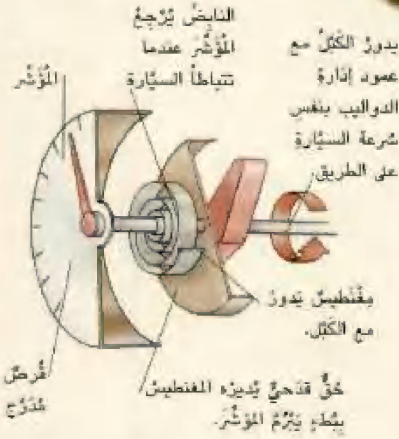
كثير يسكن البيل من حمل جذع الشجرة ينهي أن يرفعه شاقولاً بقوة شدّ إلى أعلى تزيد قليلاً على وزن الجذع أي القوة التي نشده سفلًا. فالقوتان المتضادتان تعادلان إذا كانتا متساويتين ومتساويتين.



# السُرعة

## السُرعة النسبية

السُرعة النسبية لجسمين متحركين هي السُرعة التي يبدو أن أحدهما يتحرك فيها عندما يُرصد من الجسم الآخر. فالسُرعة النسبية لسيارتين متحركتين في الاتجاه نفسه تساوي صفرًا.



يدور الكُتْل مع عمود إدارة الدواليب بنفس سرعة السيارة على الطريق

## عَدَاة السُرعة

يُبين عَدَاة السُرعة في السيارة السُرعة الآتية - أي السُرعة التي تسير بها السيارة في تلك اللحظة. ويُدار عَدَاة السُرعة بواسطة كُتْل مُتَّصِل بِعمود إدارة الدواليب.

أشجع القطارات السريعة - ٥١٥ كم/سا

طائرة نفاثة - ٢٥٢٩ كم/سا

سيارة السباق مُرْسَتْ ٢ - حاملة الرقم القياسي للسرعة الأرضية - ١٠١٩ كم/سا

## سُرعات مُختلفة

يُسري الضوء بِسرعة ٣٠٠ ألف كم في الثانية، ويسيرُ الكسلاَن، وهو من حيوانات أمريكا الاستوائية، بِسرعة لا تتجاوز ١٢٠ مترًا في الساعة حتى إنه لمن الصعب أن تراه وهو يتحرك ببطء. وللمقارنة إليكَ السُرعات المختلفة لبعض الأشياء:

رُورتي سباني لَو - ١٦٦ كم/سا

سيارة رياضية - ٢٢٥ كم/سا

فهد - ٩٦ كم/سا

إنسان - ٣٦ كم/سا

رُتَب - ٤٠ كم/سا

حلزون - ٠.٠٥ كم/سا

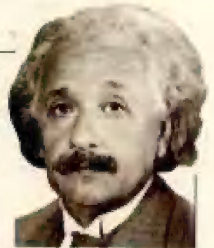
## تَوَقُّتُ الإنهاء

في نهاية السباق، يمرُّ الرياضيون أمام مُصوِّري فوتوغرافية تَلْتَظْضُضُهم، طوال فترة الوصول، مُؤَمِّنة سَاعَةً حاسوبية مضبوطة لِجُزء من ألف من الثانية. وبعد التطهير، تُبَيِّنُ الصُّورَةُ الفَازِر في السباق والوقت الذي سَجَلَهُ.



## ألبرت أينشتاين

ألبرت أينشتاين (١٨٧٩-١٩٥٥) أحد أعظم العلماء على مرِّ العصور وُلِدَ في ألمانيا، وهو صاحبُ نظرية النسبية المشهورة. أصبح أستاذًا



للفيزياء في جامعة برلين، ونالَ جائزة نوبل للفيزياء عام ١٩٢١. ترك أينشتاين ألمانيا واستقرَّ في الولايات المتحدة الأمريكية. وتغيَّرَ نظريتهُ في النسبية الخاصَّة والعامةُ أساسَ أفكارنا عن الكون.

## النظرية النسبية

عام ١٩٠٥، نُقِرَ أينشتاين نظريته النسبية، التي تنظِّرُ بأنَّ مُرورَ الزمن يبدو بطيئًا على جسم يسير بِسرعة تقارب سرعة الضوء. وأنَّ لا شيء في الكون يستطيع أن يسير أسرع من الضوء. فالساعة في قطارٍ يتحرك بِسرعة تقارب سرعة الضوء، تبدو بطيئة الحركة لِشخص خارجة. وقد اكتشف أينشتاين أيضًا أنَّ المادة يمكن أن تُحوَّلَ إلى طاقة؛ وهذا بالفعل هو مصدرُ الطاقة في انفجارٍ ذرِّيٍّ أو في مُفاعلي نوويِّ.

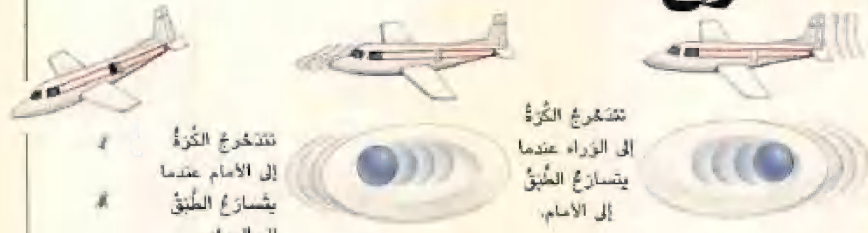
## لمزيد من المعلومات انظر

- جَنُغُ القُوَى ومُضَلَّلَاتُهَا ص ١١٦
- التَّسَارُعُ ص ١١٩
- الطَّاقَةُ النوويَّةُ ص ١٣٦
- الضَّوْءُ ص ١٩٠
- التَّصَوُّيرُ الفوتوْغرافي ص ٢٠٦
- دَوْرَةُ حَيَاةِ النُّجُومِ ص ٢٨٠
- الحركة ص ٣٥٦



# التسارع

عندما تزايد سرعة السيارة، يُقال إنها تسارع. وإذا كنت مسافرًا في سيارة وتسارعت فجأة فإنك ترتد في مقعدك إلى الوراء. تسارع السيارة عندما يضغط السائق دواسَة المُعجِّل بقدمه؛ وبازدياد ضغطه، يزداد تسارعها. التسارع قياس لمقدار تزايد السرعة، فإذا تناقصت السرعة يكون التسارع سلبياً، ويُعرف عندئذ بالتقاصر. ويحدث التسارع والتقاصر عندما تُسلط قوة غير مُوازنة على جسم متحرك في اتجاه مساره.



تنتدحج الكرة إلى الأمام عندما يتسارع الطبق إلى الأمام.

تنتدحج الكرة إلى الخلف عندما يتسارع الطبق إلى الخلف.

## تطبيقات على التسارع

يُساعد جهاز الطيران الأوتوماتي قيادة الطائرات الحديثة في قيادة طائراتهم. وتضمّن هذا الجهاز بقياس تسارع يتخسّن التغيير الحاصل في سرعة الطائرة - عمودياً أو أفقياً. فإذا تسارعت الطائرة في الاتجاه، يتحرك جزء من بقياس التسارع في الاتجاه المضاد - إلى حدّ ما ككرة في طبق - فيكشف حاسوب هذا التحرك ويُعيد الطائرة إلى مسارها المحدّد.

## السرعة النهائية

كلّ جسم ساقط، كالغطاس الجوّي، يتسارع أثناء السقوط لأنّ جاذبيّة الأرض تُسرّع كافة الأجسام الساقطة بحريّة بتعديلي ثابت مقداره  $9.8 \text{ م/ث}^2$  في الثانية في الثانية. أي تزداد سرعة الجسم الساقط  $9.8 \text{ م/ث}$  في الثانية كلّ ثانية. لكنّ الجسم لا يمكنه السقوط فعلاً بحريّة، لأنّ الاحتكاك بينه وبين الهواء (أي مقاومة الهواء) يؤثر ضدّ الجاذبيّة. وتزداد مقاومة الهواء كلّما ازدادت سرعة الجسم الساقط. وعندما تُعادل مقاومة الهواء قوة الجاذبيّة، يتوقّف تسارع الجسم فيتابع سقوطه بسرعة مُطرّدة، تُدعى السرعة النهائيّة.

## مبادئ التسارع

يُحسب التسارع بقسمة تزايد السرعة على الوقت اللازم ليُلَوَّح تلك السرعة. ويُقاس بوحدات مُعيّنة كالكيلومتر في الساعة في الثانية مثلاً. ففي مبادئ التسارع مثلاً، قد تسارع السيارة من صفر إلى  $47 \text{ كم/ث}^2$  في  $4.88$  ثانية (أي  $97.5 \text{ كم/ث}^2$  في الثانية). وعلى السائق استخدام مقلّة تقاصر ليوقّف السيارة قبل نهاية المقطع.



في أعلى نقطة الارتداد تكون سرعة الكرة صفراً.

ترتد الكرة المنتطبة إلى علوّ أخفض مرّة بعد الأخرى لأنها تخرّب الطاقة تدريجياً.

تنتطّب الكرة من اليسار إلى اليمين.

## الكرة المنتطبة

تسارع الكرة المنتطبة سقوطاً وتقاصر صعوداً. فإثناء سقوطها تقطع مسافة أكثر كلّ عُشر من الثانية؛ وأثناء صعودها تقطع مسافة أقلّ كلّ عُشر من الثانية. وفي العلوّ الأقصى لكلّ ارتداد، تبلغ الكرة حالة السكون لِلحظة من الزمن.

السرعة	٩ م	١٤ م	٢٣ م
٤٨ كم/سا			
السرعة	١٥ م	٢٨ م	٥٣ م
٨٠ كم/سا			
السرعة	٢١ م	٧٥ م	٩٦ م
١١٨ كم/سا			
شجمل عدى	شجمل عدى	شجمل عدى	شجمل عدى
مسافة التوقّف	مسافة التوقّف	مسافة التوقّف	مسافة التوقّف

## مدى مسافات التوقّف

من ضمانات السلامة في السيارات قدرتها دوماً على التسارع أو التقاصر بسرعة. والمكابح الجيدة ضروريّة بنوع خاص، لأنّه بزيادة سرعة السيارة، وزيادة حمولتها، تزداد صعوبة إيقافها. وتبيّن أعلام مسافات التوقّف الدّنيا لسيارة متوسطة في حالة توقّف طارئ - علماً أنّ مسافة التفكير هي المسافة التي تقطعها السيارة قبل أن يعمد مُتَمَكِّس السائق فعلاً إلى إعمال المكبح، ومسافة الكبح هي المسافة التي تقطعها السيارة بعد إعمال المكبح. وتلاحظ أنّ مسافة التوقّف الدّنيا للسيارة المنطلقة بسرعة  $118 \text{ كم/سا}$  أطول من ملعب كرة القدم!

## لزيد من المعلومات انظر

- السرعة ص ١١٨
- الاحتكاك ص ١٢١
- الجاذبيّة ص ١٢٢
- قياس القوى ص ١٢٣
- الشغل والطاقة ص ١٣٢
- الضواير ص ٢٩٩



# القوى والحركة



## في الهواء

إذا رميت كرة بقوة، فإنها في الوقت نفسه تسير فعلاً في اتجاهين: إلى الأمام بسرعة ثابتة نوعاً، وإلى أسفل بسبب الجاذبية الأرضية. والمسار الذي تتخذه الكرة هو حصيلته الحركية.



## القصور الذاتي (العطالة)

يدفع فريق التزلج زلاجه بشدة ليده تحريكها، ثم يتابع الدفع ليزايد سرعتها. إن لزعة الزلاجة لمقاومة وضعها السكوني أو الحركي تدعى العطالة أو القصور الذاتي. والأجسام جميعها ذات قصور ذاتي تزداد بزيادة كتلتها.

يبقى الضفدع ساكناً ما لم تؤثر فيه قوة غير موازنة.

تتبدل عضلات ساق الضفدع قوة تدفعه في الهواء.

القوة التي تدفع الضفدع ضمناً في الهواء تُرافقها قوة رد فعل مساوية وعضادة تدفع ورقة النيلوفر (زئبق الماء) مُزولاً.



## قانون نيوتن الأول

الضفدع القافز من ورقة النيلوفر الطافية يوضح عملياً قوانين الحركة لنيوتن. القانون الأول ينص على أن الجسم بظلم في حالة سكون أو حركة مُستقيمة في خط مُستقيم، ما لم تؤثر فيه قوة تُغيّر وضعه.

## قانون نيوتن الثاني

ينص قانون نيوتن الثاني على أنه إذا سلطت قوة على جسم فإن الجسم قد يبدأ بالحركة أو يتسارع أو يتباطأ (يتباطأ) أو يغيّر اتجاهه، ويتناسب تغيّر كمية الحركة مع القوة ويُحدّد اتجاهها.

## كمية التحرك

لكل جسم مُتحرك كمية تحرك ثابتة بظلم مُحتفظاً بها ما لم تؤثر فيه قوة. فلكي نلفظ كرة مُشجعة نحوك، عليك أن تبدل قوة تُضد كمية تحريكها وتوقفها. لكن الكرة عند ارتطامها بيدك، تبدل بدورها قوة تُغيّر كمية تحريك يدك. وكمية التحرك التي تكسبها يدك تساوي كمية التحرك التي تخسرها الكرة، وتزداد كمية التحرك بازدياد كتلة الجسم وسرعته.



الطريقة الفضلى لالتقاط الكرة هي أن تترك معها دجوعاً بحيث يتوهم الارتطام فترة أطول فتقلل القوة.

## قانون نيوتن الثالث

ينص قانون نيوتن الثالث على أن لكل فعل رد فعل مساو له في المقدار ومضاد له في الاتجاه. فانت حين تدفع أو تحرك جسمًا ما، فالجسم بدوره يدفعك أو يحركك بالمقدار نفسه.

## إسحق نيوتن

إسحق نيوتن (١٦٤٢-١٧٢٧)، أحد أعظم العلماء على مرّ العصور، وُلِدَ في لينكولنشاير، بإنكلترا. وقد أرسل إلى جامعة كيمبردج عام ١٦٦١، لكنه، حين ضرب الطاعون مدينة كيمبردج، خلال العامين ١٦٦٥-١٦٦٦، عاد إلى مسقط رأسه حيث حقّق أهمّ اكتشافاته، فصاغ قوانين الحركة المعروفة باسمه، واخترع حساب التفاضل والتكامل لكي يُعبّر عنها. كما إنه (في قانون الجاذبية العام) شرح كيف أن الجاذبية تُبقي الكواكب في مداراتها حول الشمس. وقد كُرم نيوتن بالدفن مع المشاهير في دير وستمنستر بلندن.



## لمزيد من المعلومات انظر

- القوى ص ١١٤
- التسارع ص ١١٩
- الجاذبية ص ١٢٢
- المحركات ص ١٤٣
- المشتري ص ٢٩٠
- النظام الشمسي ص ٢٨٣
- الزماثلات ص ٣٢٨



# الاحتكاك

من الصعب أن تجرَّ حملًا ثقيلًا فوق سطح خشن؛ لأنَّ قوَّة الاحتكاك بين السطحين تقاوم ذلك. السطحان أملسان تمامًا لا يحدث بينهما احتكاك، لكنَّ هذا لا يوجد في الواقع. فالاحتكاك يحصل بين أيَّ سطحين ينزلق أحدهما على الآخر لأنَّ القطع الخشنة في سطحيهما، مهما كانت دقيقة، تعلق فيما بينها. وتزداد قوَّة الاحتكاك كلما ازدادت خشونة السطحين. الاحتكاك يجعل جرَّ الأثقال الكبيرة صعبًا. ويسبب الاحتكاك المتواصل الحثَّ حتى في المعادن والفلزات. ولكنَّ للاحتكاك فوائده أيضًا، فبدونه يستمرُّ كلُّ شيء بالانزلاق إلى ما لا نهاية؛ ولن تستطيع أيدينا قبض الأشياء ولن نتمكن من المشي إذ سنزلق كالمتزلجين عند أول خطوة نقوم بها.

## مقاومة الهواء

عندما يندفع جسم غير الهواء، نرغم به جزيئات الهواء مضغوطة احتكاكًا نُسبته مقاومة الهواء. وهذه المقاومة تتعاظم بزيادة سرعة الجسم. الأشياء تسخن بالاحتكاك، كما يحدث للشهب والنيازك التي نحترق أو تنفك عن جوف الأرض بسبب الاحتكاك.

الحوثة انسيابية الشكل قدر الإمكان.

مقايضا المقود مغطيان بمادّة خشنة لزيادة الاحتكاك وتثبيد قبضة يدي الراكب عليهما.

يتمتد إطارات الدواليب بالطريق بقطر الاحتكاك؛ كما يستغ تسق تخزين فداسيهما للماء بالإفلات من تحتها، فلا ينزلان بتواجد ماء على الطريق يخف الاحتكاك.

يسري الرئيش إلى داخل «نقر» السطوح الخشنة.

ينحني راكبو الدراجة بجسمه إلى الامام مُتخذًا شكلًا انسيابيًا مشيقيًا لتقليل مقاومة الهواء.

تضغط لثنتا (لثمتا) المكبح على جنّار الدواليب فتثبط حركته بالاحتكاك.

## الاحتكاك في كل مكان

تؤثر قوى الاحتكاك في عدّة أماكن في الدراجة. فالاحتكاك في بعض الأجزاء كلبّات المكبح وجنّاري الدواليب مهم وضروري. بينما في أجزاء أخرى كالمتسّات، فبهيئنا أن يكون الاحتكاك في حدوده الدنيا.

شطوط الدواستين الخشنة والشديدة الاحتكاك تمنع قدسي الدراج من الانزلاق.

الرئيش المتسّات والمثليسة لتقليل الاحتكاك.

## كريستوفر كوكريل

المهندس البريطاني، كريستوفر كوكريل (المولود عام ١٩١٠) اخترع الخواصة عام ١٩٥٥. وكان عماد فكرته استخدام نوافير تنفث الهواء إلى أسفل بقوة عظيمة ترفع المركب فوق سطح الماء أو اليابس السهل فينسب دون احتكاك بهما. وحين أنبا كوكريل الحكومة البريطانية باختراعه اهتم المسؤولون بالأمر واعتبروه بالغ الشريفة. لكنّه لاحقًا، أعطي الإذن بتصنيع المركب الجديد فكان أن أنزلت إلى البحر أوّل خواصة كبيرة عام ١٩٦٩.



## الشكل الانسيابي في الطبيعة

تُعاني الأجسام السارية في الماء الاحتكاك أيضًا، وهو ما يُعرف بمقاومة الماء. فالطائر العاطس لالتقاط سمكة، يزوم جناحيه إلى الوراء مُتخذًا شكلًا انسيابيًا. والمعروف أن غالية الأسماك ذات أشكال متشعبة انسيابية تُيسر حركتها في الماء.

يُشفط الهواء ويُنفث بقوة تحت الخواصة؛ ويُنتج شروته بازلار قروي حول بدن المركبة، فتُحفظ الخواصة فوق صحنّة هوائية تفلّ الاحتكاك بينما تدفعها مراوح الدّش إلى الأمام.



## تقليل الاحتكاك

يُسبب الاحتكاك تأكل أجزاء المركبات بالحث. لكنّه يُخفص كثيرًا باستخدام محامل كُرّيات مُزوّقة أو مُغطاة بالرّيش. وتتميّز محامل الكُرّيات بأنها تتدخّر بعضها على بعض بدل الشعب أو الخش.

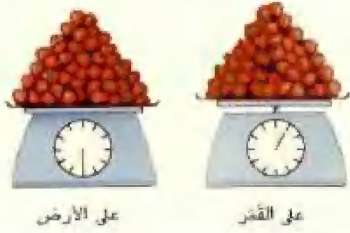
## لمزيد من المعلومات انظر

- الشّنازع ص ١١٩
- قياس القوى ص ١٢٣
- المركبات ص ١٣٠
- المُحرّكات ص ١٤٣
- السّذائث والنيازك ص ٢٩٥



## الجاذبية

إذا وقع منك شيء فإنه يسقط نحو الأرض، والقوة التي تسبب ذلك هي جاذبية الأرض. والجاذبية ليست مقصورة على الأرض، فجميع الأجسام تجذب بعضها جذباً متبادلاً. القمر له جاذبيته والشمس كذلك - وجاذبية الشمس هي التي تبقى الكواكب في المدارات حولها. قانون الجاذبية لنيوتن ينص على أن قوة التجاذب بين جسمين تتناسب طردياً مع حاصل ضرب كتلتيهما وعكسياً مع مربع المسافة بين مركزيهما.



### الكتلة والوزن

الكتلة والوزن شيان مختلفان. فكتلة الجسم هي كمية المادة الداخلة في تركيبه وهي ثابتة، بينما وزنه هو قوة الجاذبية، على كتلته، وهي متغيرة. فمثلاً وزن كومة من الفريز على سطح القمر هو سدس وزنها على سطح الأرض، لأن جاذبية القمر سدس جاذبية الأرض.



القمر على سطح القمر

### جاذبية القمر

جاذبية القمر أقل من جاذبية الأرض لأنه أصغر بكثير وكتلته أقل من كتلة الأرض. تتسارع الأجسام الساقطة نزولاً على القمر بمقدار سدس تسارعها على الأرض، ويستطيع الشخص أن يقفز على القمر بست مرات أعلى مما يقفز على الأرض.



القمر على الأرض



هذه الفليضة مركزة على رأس إبرة. وهي متوازنة لأن الشوكتين الثقيلتين المتلازمتين دونها، خففتا وزن كامل المجموعة، ومركز الثقل، خفيضاً أكثر إلى أسفل، فنبشرة تحت نقطة الارتكاز.

مركز الثقل



٢. علقي الجسم وخيط الشاقول من نقطة أخرى على الجسم، وارسم أيضاً خطاً في موقع خيط الشاقول. فيكون مركز الثقل في نقطة تقاطع الخطين.

### مركز الثقل

مركز ثقل الجسم هو النقطة التي يبدو أن تأثير الجاذبية، أو كامل وزن الجسم، مركز فيها. ويمكن موازنة الجسم بتركيزه مباشرة في خط مسامت لمركز ثقله. وتكون الموازنة الأسهل إذا كان مركز ثقل الجسم خفيضاً.



خيط الشاقول

### تعيين مركز الثقل

تعيين مركز الثقل لجسم مسطح، كهذه الطائرة الورقية، أمر سهل. علقي الجسم وخيط الشاقول معاً واتركهما يتزحجان بحرية. عندما يشكنان، يكون مركز الثقل تحت نقطة التعليق مباشرة في نقطة ما على خيط الشاقول. كرر العملية بتعليق الجسم وخيط الشاقول من نقطة أخرى، فيكون مركز الثقل حيث يتقاطع الخيطان.



المقدوف المرتدة (الرجون) يدوم حول مركز ثقله.

### المد والجزر (المدار)



المد والجزر نسيتهما الجاذبية. فتجذب مياه المحيط في جانب الأرض الأقرب إلى القمر بجاذبية القمر مكونة المد. أما المد الحاصل، في الوقت نفسه، على جانب الأرض الأبعد فسيه أن الأرض تنجذب نحو القمر أكثر من مياه المحيط في ذلك الجانب. ويلاحظ أن تأثير الشمس في المد والجزر طفيف. وعندما يتساوى القمر مع الشمس في الجانب نفسه من الأرض تتحد جاذبيتهما معاً فيحدث مد تام.

### المقدوف المرتدة (الرجون)

يقع مركز الثقل في بعض الأجسام، كالمقدوف الرجوني خارج الجسم. وبسبب شكله، لا يمكن موازنة الرجون بتركيزه على أي نقطة مفردة في جانبه المنتطح. لكن، على خرقة، يمكن موازنه إذا وضع في نقطة متفرجة.

### لمزيد من المعلومات انظر

- قياس القوى ص ١٢٣
- قوى الدوران والدوير ص ١٢٤
- الحركة الدائرية ص ١٢٥
- الأمواج والمد والجزر ص ٢٣٥
- النظام الشمسي ص ٢٨٣
- الصواريخ ص ٢٩٩



# قياس القوى

غالبًا ما يُعبّر العلماء عن مقدار القوة بوحدة النيوتن (المُسَمَّاة تكريمًا لِسَيِّر إسحق نيوتن)، علمًا أنَّ كتلة الكيلوغرام على سطح الأرض تزن حوالي ١٠ نيوتن - أو على الأصح ٩,٨ نيوتن. ويُستخدَم الميزان الزنبركي عادةً في قياس القوة اعتمادًا على مرونة نابضه، وتطبيقًا لقانون هوك (باسم العالم الإنكليزي روبرت هوك) الذي ينص على أنَّ كميَّة امتطاط الجسم المرن تتناسب طرديًا مع القوة المُسلَّطَة عليه ضمن حدِّ المرونة. وما لم تتجاوز قوَّة المَظِّ هذا الحدَّ فإنَّ النابض يعودُ إلى طوله الأصلي بعدَ رَوالِها.



قاس كالفندش  
بمقدار تحريك  
العائق لتفليس  
الجاذبية بين  
الكرتين.

## قياس الجاذبية

استخدم العالم الإنكليزي هنري كافندش (١٧٣١-١٨١٠) الجهاز المبين أعلاه ليشب كتلة الأرض. فقد علّق كرتين من الرصاص من طرفي عائق يدور أفقيًا، ثم عرّضهما لجاذبية كرتين كبيرتين من الرصاص على مقربة منهما، وبتحريك الكرتين الصغيرتين الجذابتا دأر العائق بمقدار معين مكّن كافندش من قياس الجاذبية بين الكرتين، ومن ثم كتلة الأرض.

## مقارنة القوى

يتطلّب رفع كرة القدم قوَّة تبلغ حوالي ٤ نيوتن، أما قوَّة زحلقها فتبلغ حوالي ١٠ نيوتن. وللمقارنة، شدّة وجعته، فإن قوَّة المُحرِّك النَّفَّاث في طائرة تبلغ ١٠٠,٠٠٠ نيوتن. بينما تستخدم الحشرة الصغيرة في قفّرها قوَّة تقارب ٠,٠٠١ نيوتن.

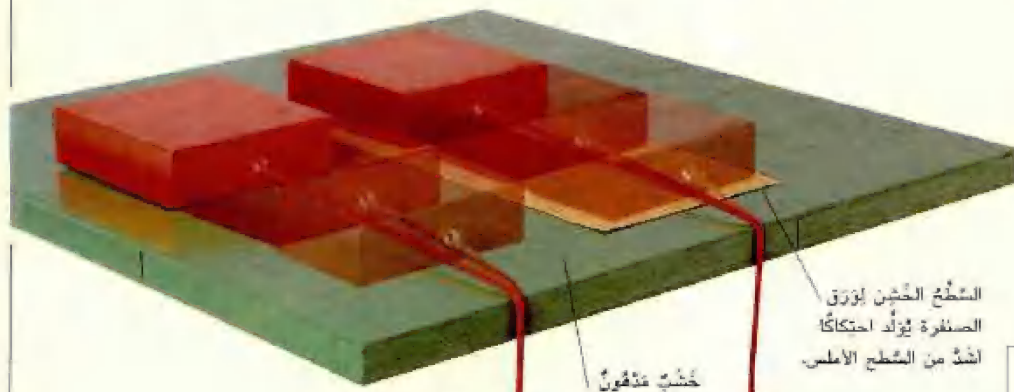


## ميزان نيوتني التدرج

يُمكن إعطاء فكرة عن النيوتن كوحدة قياس بأنّه القوَّة اللازمة لرفع نقاعة صغيرة. فالقوى التي لا تزيد على ١٠٠ نيوتن، يمكن قياسها باستخدام ميزان نيوتني التدرج. فامتطاط النابض بداخله يجرّ المؤشّر نزولًا مقابل مقياس مدرّج يبيّن مقدار القوَّة المأخوذة - وهو هنا وزن النقاعة.



وزن  
النقاعة أقل  
من نيوتن  
واحد بقليل.



المسطح الحثيث يوزن  
الصغيرة يؤد احتكاكًا  
أشدّ من المسطح الأملس.

خشب مدهون

## قياس الاحتكاك

يمكنك اختيار وقياس المُقاومة الناتجة عن الاحتكاك في بيّتك. فقل كتلة خشبية بكتل حديدية واربط المجموعة بخيط واجعلها تبتلي فوق حافة طاولة. جد مقدار الوزن اللازم لتحريك المجموعة فوق سطوح مختلفة. بعدد الاحتكاك على نوعيّة السطوح المُتَحَاكَّة وعلى وزن الكتلة المُزَلَّة. أذا متاحات السطوح المُتَحَاكَّة فلا تزيد ولا تُنقص مقدار الاحتكاك.

لزيد من المعلومات انظر
خصائص المادة ص ٢٢
الاحتكاك ص ١٢١
الجاذبية ص ١٢٢
الاهتزازات ص ١٢٦



يتطلّب حرك الكتلة  
فوق وزن الصلابة  
وزنًا أكبر

## روبرت هوك

أشهر ما يُذكر به العالم الإنكليزي روبرت هوك (١٦٣٥-١٧٠٢) قانونه حول امتطاط الأجسام المرونة. لكنّه كان أيضًا صانع آلات ماهرة، فساعد في تحسين آلات علميّة متعدّدة كالمجهر (الميكروسكوب) والمقرب (التلسكوب) ومقياس الضغط الجوي (البارومتر). وقد صمّم منظومة تلغرافية، وساعة تعمل بنابض مُتَدَبِّل بِدَل البندول. وفي العام ١٦٦٥، نشر كتابًا يحوي رؤوسًا للحشرات التي عاينها تحت الميكروسكوب.



مجهر  
هوك



# قوى الدوران والتدوير

عندما تُدير مقود الدراجة، فإنك تشد جانباً منه وتدفع الجانب الآخر. وهذا مثال على القوى المزدوجة أو قوى الأزواج في الدوران والتدوير. أما النقطة التي يدور حولها الجسم فتدعى المركز أو محور الارتكاز. ويمكن لقوة مفردة أن تدير الجسم إذا سلطت على بُعد معين من مركز ثابت. فانت عندما تفتح صفيق الباب تسط قوة مفردة على قبضته تجعله يفتح دائرة حول المفصلة التي هي محور ارتكازه. ويعتمد تأثير قوة التدوير على مقدارها وعلى بُعد نقطة تأثيرها عن محور الارتكاز - فكلما ازداد هذا البعد ازداد تأثير قوة التدوير.



## القوة القصوى

في بعض البلدان، تُستخدم الماشية لتدوير السواني (التوازي). فينش الواحد أو الزوج منها إلى طرف عمود متصل بالسانية - ويدوران السواني تدوير دولاب التاعورة. وتكون إدارة السانية أيسر إذا جعل عمود التدوير بالطول الممكن الأقصى.

الورن الضاغط إلى أسفل عثر دولاب الدراجة الخلفي لكثير منه عثر الدولاب الامامي. فليكن يتوازن اللوح، بحيث أن يكون الدولاب الخلفي أقرب إلى الجذع من الدولاب الامامي.



## موازنة القوى

عندما يكون الجسم متوازناً أو في حالة توازن، تكون قوة التدوير على أحد جانبي المركز متعادلة لقوة التدوير على الجانب الآخر. وتستخدم الدراج هذه القاعدة، في تدوير التوازن، شحاولاً وقتل ترشح اللوح على جذع الشجرة.



القائمة الطويلة الملاي تقريباً بالماء، تكون غير مستقرة لأن مركز ثقلها عالي. وهكذا فإن يبقى هذا المركز فوق قاعدة القائمة عند إمالتها - مما ينتج قوة تدوير تقلبها.



## استقرار التوازن

القائمة التي تحوي كمية قليلة من الماء تكون أكثر استقراراً لأن مركز ثقلها خفيض. وهكذا يبقى هذا المركز فوق قاعدة القائمة عند إمالتها قليلاً، مما ينتج قوة تدوير تعيدها إلى وضعها الأصلي.

يكون الجسم في حالة توازن مستقر إذا بقي مركز ثقله فوق قاعدته عندما يُدفع قليلاً؛ لأن الجاذبية تعيد الجسم إلى وضعه الأصلي. أما إذا وقع الجسم أو انقلب بعد دفعه قليلاً، فهو كان في حالة توازن غير مستقر، لأن مركز ثقله ما عاد فوق قاعدته، فيوقعه شد الجاذبية. أما إذا بقي الجسم في وضعه الجديد بعد دفعه قليلاً فهو في توازن متعادل.

محور الارتكاز

إطار عذرج

ميزان قياسي (روماني)

خفاف الجبل المراد وزنه

ثقل الموازنة (بيضه القبان)

## الموازين

استخدم الرومان قوى التدوير لوزن الأشياء بموازين قياسية، ما زالت تستخدم حتى اليوم. ولغلك وزنت مرة بميزان قياسي مظهر في عيادة طبيبك. فعندما تقف على القبان ويحرك ثقل الموازنة على طول الدراع الشرج إلى حيث يتوازن الدراع، تشير قراءة التدرج إلى وزنك.



## اختيار المركبات

تجعل المركبات المرتفعة أكثر أماناً إذا وسع المدى بين دولبيها وخفضت موقع محركاتها. فذلك يبقى مركز ثقل المركبة خفيضاً. هنا يجري اختبار مدى إمكانية ميلان الباص (الحافلة) قبل أن يتقلب.

## لمزيد من المعلومات انظر

- القوى والحركة ص ١٢٠
- الحاذية ص ١٢٢
- قياس القوى ص ١٢٣
- المكبات ص ١٣٠



# الحركة الدائرية

العجلات (الدواليب) والحداريث، والدوام والمراوح، ودورات الملاهي كلها تدور في دوائر؛ وواقع الحال أنها تُغيّر اتجاه مسارها بشكلٍ مُستمر. فكلُّ جزءٍ من الجسم المدور يحاول السير في خطٍ مُستقيم، لكنَّ قوّة، تُدعى القوّة الجاذبة، تُشدّه ويبناه من أجزاء الجسم المدور نحو مركز الدائرة - مُغيّرة اتجاه مساره ليبقى دائرياً وليس في خطٍ مُستقيم. ولو يُحاول حيوانٌ مُنطلقٌ بسرعةٍ تغيير اتجاهه بلفّة سريعة، فإنَّ أقدامه تضغط الأرض بقوّة فتدّ الأرض بقوّة ردّ الفعل ما يُؤرّ له قوّة جاذبة. أما إذا كان الحيوان مُطلقاً بسرعةٍ على سطح زلق كالجليد مثلاً، ولم يستطع شَبّ الأرض، فلن تتوافر له قوّة جَبْد، وسيكون من العسير جداً عليه الالتفاف لِتغيير وجهه سيره.



## الجير وشكوب المدور

الأجسام المدورة لها عطلاتها أو قُصورها الذاتي كما للأجسام السائرة في خطٍ مُستقيم؛ وهي تقاوم تغيير اتجاه مسارها، ويضُمّ الجير وشكوب دولاباً مدوراً يقاوم الجاذبية، إذا كان يدور بالسرعة الكافية، فيعدو من العسير جداً قلب الجير وشكوب. وتُستخدم الجير وشكوبات المدارة كهربائياً في الأنظمة الملاحية على القنارات والسفن.



الماء تُسحب عندما الحوض ساكن.



قاعدة دوارة تدور الحوض.

## القوّة النابذة

تدور السيارة الدّمية في مدارها داخل خَلْفَة مُقفلّة ولا تُنقَط حتّى وهي مُقلوبة رأساً على عقب. فكان هنالك قوّة، تُدعى أحياناً القوّة النابذة، تدفعها إلى أعلى. هذه القوّة هي في الحقيقة عظمة تحاول جعل مسار السيارة يستقر في خطٍ مُستقيم.

يرتفع الماء على الجدران عند تدويم الحوض بسرعة.

## المياه المُستَلَقَة

إذا دوّم حوض فيه ماء بسرعة. فإن الماء يُحاول الانطلاق خارج الحوض في خطٍ مُستقيم؛ والقوّة التي تُشدّه تُؤرّها جدران الحوض. وكلّما ازدادت سرعة تدويم الحوض يزداد تحوُّك الماء لِلاطلاق نحو الخارج.

وتُستخدم المُجفّفة الدّوامة هذه الظاهرة لإزالة الماء من الملابس المُغسولة؛ إذ يدفع الماء باتجاه جدران الأسطوانة المُتّفة مُندفعاً غير مُقْبِها في خطٍ مُستقيم.

## رُمّي المطرقة

يُدوّم الرّامي المطرقة حولاً بالسرعة القصوى المُمكنة قبل أن يُلقيها. إنَّ القوّة الجاذبة اللازمة لبقاء المطرقة مدوّمة في مدارها هي قوّة الشد على الشك. وعندما تُقَلَّت الرّامي المطرقة تَزُول القوّة الجاذبة، فتطلق المطرقة مُستقيمة في خطٍ مُستقيم بفعل عطلاتها.



كلّما ازدادت سرعة تدويم الرامي، يزداد بُعْد مدى المطرقة عندما يُلقاها.

## انعدام الوزن في المدار

يقع مكوك الفضاء في مدار مُعَيّن حول الأرض لأنَّ الجاذبية الأرضية تُؤرّ قوّة جاذبة تجعله يستقر في مداره بدلاً أن يفلت مُطلقاً في الفضاء. ويتأثر الرّواد داخل المكوك بالجاذبية بالمدى نفسه، فيشعرون بانعدام الوزن لأنهم في حال سُقوط مُستمر لكنَّ انطلاقهم إلى الأمام بتلك السرعة الفائقة يُحملهم فوق الأفق في مسارٍ دائريٍّ ثابت البعد عن الأرض.



## لمزيد من المعلومات انظر

- القوى والحركة ص ١٢٠
- الاحتكاك ص ١٢١
- الجاذبية ص ١٢٢
- الضواير ص ٢٩٩



## الاهتزازات

إذا عَلَقْتَ كُتْلَةً بِخَيْطٍ وَدَفَعْتَهَا إِلَى جَانِبٍ فَإِنَّهَا تَتَرَجَّحُ جَيِّتَةً وَذَهَابًا بِانْتِظَامٍ؛ وَيُدْعَى هَذَا الِارْتِجَاحُ الْاهْتِزَازُ أَوِ الذَّبْدِبَةُ. أَمَّا عَدَدُ المَرَّاتِ الَّتِي يَتَذَبَذَبُ فِيهَا أَيُّ جِسْمٍ فِي ثَانِيَةٍ وَاحِدَةٍ فَيُدْعَى التَّرْدُّدُ. كُلُّ شَيْءٍ لَهُ تَرْدُّدُهُ الطَّبِيعِيُّ؛ فَإِذَا أَرْغَمَ جِسْمٌ عَلَى الْاهْتِزَازِ بِتَرْدُّدٍ مُعَادِلٍ لِتَرْدُّدِهِ الطَّبِيعِيِّ، فَقَدْ تَتَعَاضَّمُ اهْتِزَازَاتُهُ إِلَى دَرَجَةِ الْخَطَرِ. فَنِي الْعَامِ ١٩٤٠، انْهَارَ جِسْرٌ مَضِيقٌ تَاكُومَا فِي وَلايَةِ وَاشِنْطُنَ، بِالْوِلَايَاتِ الْمُتَّحِدَةِ، لِأَنَّ الْعَوَاصِفَ جَعَلَتْهُ يَهْتَزُّ بِعُنْفٍ تَسَاقُوقٍ مَعَ تَرْدُّدِهِ الطَّبِيعِيِّ. لَكِنْ لِلْاهْتِزَازَاتِ أَيْضًا اسْتِخْدَامَاتُهَا الْمُفِيدَةُ، فَالْمَنَاقِبُ النُّصَحِيَّةُ، الْعَامِلَةُ بِالْهَوَاءِ الْمَضْغُوطِ، تَسْتَخْدِمُ الْاهْتِزَازَاتِ فِي تَقْيِيتِ الْمَوَادِّ. وَالسَّاعَاتُ تَقْيِسُ الزَّمْنَ بِعَدِّ الذَّبْدِبَاتِ الْمُنْتَظِمَةِ فِي آلِيَّتِهَا.

الشَّعْطَةُ هِيَ قَدَى الْاهْتِزَازِ أَوْ مَسَّحٌ ذُرْوَتُهُ، وَالْفَتْرَةُ هِيَ الْوَقْتُ اللَّازِمُ لْاهْتِزَازَةٍ أَوْ ذَّبْدِبَةٍ وَاحِدَةٍ.

### اهتزازات الزلازل

الاهتزازات التي تُحْدِثُهَا الزَّلَازِلُ خَطَرَةٌ وَهَدَامَةٌ. الصُّورَةُ الْفُوتُوغَرَفِيَّةُ الْمُصْغَرَةُ الْإِخْرَاجُ أَعْلَاهُ تُنْشِلُ زَلْزَلًا رَمَازِيًّا فِي مَدِينَةِ سَانِ فَرْنَسِيْسْكَو، بِالْوِلَايَاتِ الْمُتَّحِدَةِ. وَتَقَعُ هَذِهِ الْمَدِينَةُ عَلَى مَقَرٍّ مِنْ ضَلَعِ سَانِ أَنْدَرِيَّاسِ الصُّخْرِ - أَحَدِ الْخُطُوطِ الصَّدْعِيَّةِ الْعَظْمَى فِي الْعَالَمِ حَيْثُ يُحْتَمَلُ حَدُوثُ الزَّلَازِلِ مِنْ وَقْتٍ لْآخَرِ.



لَوْدَةُ الْمَوْجَةِ

يُمَلِّئُ الْمَوْجَةُ

### الرقاص (البندول)

خَطَرَانُ الرِّقَاصِ (أَوْ تَوَسُّلُهُ) ضَرْبٌ مِنَ الْاهْتِزَازِ. وَيَعْتَمِدُ زَمْنُ الْخَطَرَانِ (جَيِّتَةً وَذَهَابًا) عَلَى طُولِ الرِّقَاصِ فَقَطْ، وَلَا عِلَاقَةٌ لِزَوْنِ ثِقَلِهِ أَوْ سَعَةِ خَطَرَانِهِ بِذَلِكَ - شَرْطٌ أَنْ تَكُونَ الْخَطَرَانُ، أَوْ زَاوِيَةُ الْخَطَرَانِ، صَغِيرَةً. وَقَدْ ارْتَبَأَ الْعَالِمُ الْإِيطَالِيُّ، غَالِيلِيو، إِمْكَانِيَّةَ صَبْطِ السَّاعَاتِ بِوَسْطَةِ الرِّقَاصِ، فِي السَّاعَاتِ الْبِنْدُولِيَّةِ، يُدِيرُ خَطَرَانُ الرِّقَاصِ دَوْلَانًا مُسْتَقِيمًا بِشَرِيعَةٍ مُنْتَظِمَةٍ، وَهَذَا بِدَوْرِهِ يُدِيرُ عَقْرِيَّ السَّاعَةِ.

### الأمواج

الاهتزازات تُسَبِّبُ تَمُوجَاتٍ - بَعْضُهَا ظَاهِرٌ، كَأَمْوَاجِ الْبَحْرِ، وَبَعْضُهَا الْآخَرُ تَتَغَلَّرُ وَفَوْقَهُ كَأَمْوَاجِ الصَّوْتِ النَّاتِجَةِ عَنْ اهْتِزَازٍ أَوْ ذَّبْدِبَةٍ شَيْءٍ - وَالْأَمْوَاجُ قَدْ تَكُونُ مُسْتَعْرِضَةً أَوْ طَوِيلَةً.

### أمواج الماء

يُتِمُّ الْبَرْكَهَ أَوْ مَوْجَ الْبَحْرِ أَمْوَاجٌ مُسْتَعْرِضَةٌ، فَمَعَ عُبُورِ الْمَوْجَةِ تَهْتَزُّ جُجْسِمَاتُ الْمَاءِ عُمُودِيًّا صَنْغُودًا وَهَوُوطًا بِالنَّسْبَةِ لِاتِّجَازِ الْمَوْجَةِ.

### الكهرباء الإجهادية

الْمَرُوءُ (الْكُوَارْتِزُ) ذُو خَاصِيَّةٍ مُمَيَّزَةٍ - هِيَ أَنَّ شِبْحَتَهُ كَهْرِبَائِيَّةً تَغْيَرُ حَجْمَهُ. وَبِقَضِيَّةِ ظَاهِرَةِ الْكَهْرِبَاءِ الْإِجْهَادِيَّةِ هَذِهِ يُمْكِنُ لِبِنَارِ كَهْرِبَائِيٍّ مُنَاسِبٍ جَعْلُ بِلَوْرَةٍ مِنَ الْكُوَارْتِزِ تَتَذَبَذَبُ بِتَرْدُّدٍ مُحَدَّدٍ. فَالْبِنَارُ السَّارِي مِنَ الْبِلَاطَرِيَّةِ فِي سَاعَةِ الْكُوَارْتِزِ يَجْعَلُ شَرِيعَةً صُغْرِيَّةً مِنْ بِلَوْرَةِ كُوَارْتِزِيَّةٍ تَتَذَبَذَبُ ٣٢,٧٦٨ مَرَّةً فِي الثَّانِيَةِ. وَتُحِيلُ جَلْدَةً صُغْرِيَّةً هَذِهِ الذَّبْدِبَةَ إِلَى إِشَارَةٍ وَاحِدَةٍ فِي الثَّانِيَةِ. وَهَذِهِ تَقْبِطُ الْمَحْرَكُ الَّذِي يُدِيرُ الْعَقَارِبَ أَوْ يُخَرِّصُ الْقُرْصَ الرَّقْمِيَّ.



بِلَوْرَةُ كُوَارْتِزِيَّةٍ

### أمواج الصوت

عِنْدَمَا تَهْتَزُّ آلَةُ مَوْسِيقِيَّةٌ كَالْعَشِيقِ مِثْلًا، تُحْدِثُ أَمْوَاجًا صَوْتِيَّةً فِي الْهَوَاءِ. جُجْسِمَاتُ الْهَوَاءِ فِي الْمَوْجَةِ الصَّوْتِيَّةِ تَهْتَزُّ جَيِّتَةً وَذَهَابًا فِي اتِّجَازِ تَسَارِ الْمَوْجَةِ - وَهِيَ أَمْوَاجٌ طَوِيلَةٌ.

### لمزيد من المعلومات انظر

- البُلُورَاتُ ص ٣٠
- الصُّوْتُ ص ١٧٨
- قِيَاسُ الصُّوْتِ ص ١٨٠
- الْهَزَّاتُ الْأَرْضِيَّةُ ص ٢٢٠
- الْأَمْوَاجُ، وَالْمَلْدُورُ، وَالتَّنْبَارَاتُ ص ٢٣٥



# الضغط

على ارتفاع ٢٠,٠٠٠ متر

ضغط الهواء على علو ٢٠,٠٠٠ م أقل من عشر ضغطه على مستوى سطح البحر.

تطير الطائرات على علو شاهق حيث ضغط الهواء أقل من الضغط داخل الجسم - مما يستحيل معه استنشاق الهواء! لذا يُكثف الضغط داخل الطائرات.

الهواء فوق قمم الجبال العالية رقيق القوام، لذا يتوجب على المتسلقين الاستعانة بأجهزة تنفس إتامين مزيو من الأكسجين. ضغط الهواء على ارتفاع ٥٠٠٠ متر يعادل نصف ضغطه تقريباً على مستوى سطح البحر.

على شتوى سطح البحر، ضغط الهواء يساوي كيلوغرام على السنتمتر المربع - تقريباً وزن بقرة فوق طبق عادي.

لا يستطيع البشر الغطس اعلى من ١٢٠ م لأن ضغط الماء يسحقهم.

القواصص تغوص عميقاً تحت الماء، فيهاكها المثبتة تحتل ضغطاً هائلاً.

على شفق ١٠,٠٠٠ م تحت سطح البحر، ضغط الماء يُعادل تقريباً وزن سبعة فيئة فوق طبق صغير!



شفق ١٠,٠٠٠ م

## تحت الضغط

الموائع، من سوائل وغازات، تُبدل ضغطاً على الأجسام؛ فالهواء يضغط علينا ولولا الموائع المتواجدة في داخلنا، والتي تضغط بمقدار مساو لضغط الهواء الخارج، لكان الضغط الجوي على مستوى سطح الأرض شحناً، ويتناقص ضغط الهواء كلما ارتفعنا لأن الهواء الضاغط حبيته يتناقص أيضاً.

## ضغط السوائل

يؤثر ضغط السوائل في جميع الاتجاهات؛ فالماء يتجسس عبر الثقوب في جيب هذا الوعاء بفعل الضغط الأتقي.

غذى تدفق الماء من الثقب الأسفل هو الأكثر بعداً لأن ضغط الماء يتزايد بازدياد العمق.



لماذا خُفّ الجمل عريض مسطح؟ ولماذا رأس الدبوس مَرَّوسٌ حاد؟ السبب هو أن نشر القوة على مساحة كبيرة يُقلل ضغطها؛ كذلك فإن تركيز القوة على مساحة صغيرة يزيد ضغطها كثيراً. فالجمل لا يغوص في الرمل لأن وزنه يتوزع على مساحة كبيرة؛ لكنك حين تكبس الدبوس في لوحة الإعلانات، فإن طرفه الحاد ينغرز في اللوحة بسهولة، لأن قوة إبهامك تتركز في مساحة ضئيلة. يُقاس الضغط بمقدار القوة على وحدة المساحة.



## نشر الحمل

يستطيع طائر الجاكاتا، في أمريكا الجنوبية، المشي فوق أوراق النيلوفر (زيت الماء) الطافية دون أن يغوص لأن أياجه (أصابع قدميه) ومخالبه تُنشر وزنه فوق مساحة كبيرة.

## السوخ والانغراز

لا تسوخ مرشّة المياه في التربة لأن ورنها منتشر على قاعدة واسعة. لكن من السهل انغراز الرمش في التراب لأن وزنه وقوة الدفع مُنصبّان على هذه الوتق، والشكل الحاد يقطع بسهولة للسبب نفسه - إذ القوة عليه متركزة في مساحة ضئيلة على طول حده.

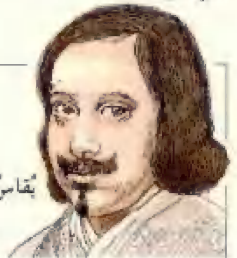


## إيقانجليستا

### توريشيلي

يُقاس ضغط الهواء بالبارومتر. وكان الإيطالي أيقانجليستا توريشيلي (١٦٤٧-١٦٠٨) قد اخترع

البارومتر الزئبقي عام ١٦٤٣، حين اكتشف أن علو الزئبق في أنبوب مغلول رأساً على عقب في طاس من الزئبق، يتغير بتغير ضغط الهواء. وقد تتلمذ توريشيلي على غاليليو ثم خلفه كرياضي البلاط لدى أرشيدوق تسكاني. وقد سُميت وحدة الضغط «تورا» باسمه، وتساوي ضغط مليمتر واحد من الزئبق.



## لمزيد من المعلومات انظر

- شلولك الغازات ص ٥١
- القوى في الموائع ص ١٢٨
- البحر ص ٢٤٨
- ضغط الهواء ص ٢٥٠



# القوى في الموائع

تسري الموائع (سوائل كانت أم غازات) عندما تؤثر قوة فيها؛ وهي لا شكل محددا لها، فتتخذ شكل الوعاء الذي يحتويها. وإذا ضغطت الموائع بقوة ما، تنتقل القوة المضاعطة إلى سائر أجزاء المائع.

وتعرف هذه الظاهرة بقاعدة بَسْكال، وتستخدم

في تشغيل بعض المعدات الآلية. ففي مكبح السيارة الهيدرولي مثلاً، تنتقل القوة المسيطرة على دَوَاسِيَةِ المِكْبَح إلى

الدواليب بواسطة سائل المكبح. ومن خواص الموائع المفيدة عملياً أن المائع الساري بسرعة أقل ضغطاً من المنساب ببطء. وتعرف هذه الظاهرة التي تمكن الطائرات من التحليق عالياً في الجو بقاعدة برنولي (برنويه).



**سطح الانسياب الراجع**  
سطح جناح الطائرة مفرس من أعلى ومسطح تقريباً من الجانب السفلي بشكل مسطح انسياب رافعاً - يرتفع عندما يسري الهواء حوله. ذلك لأن الهواء ينساب فوق سطح الجناح الأعلى بسرعة أكثر من سرعته تحت السطح السفلي. ووفقاً لقاعدة برنولي، يكون الضغط تحت الجناح أكبر منه فوقه، مما يسبب قوة رفع. وتزداد قوة الرفع بازدياد سرعة سريان الهواء. لذا ينبغي أن تحقق الطائرة سرعة كافية على المدرج لتستطيع الإقلاع.

## جناخا الطائر

يؤثر الطائر معظم قوة الرفع أثناء الطيران بقوة رد الفعل من زفرفة جناحيه اللذين يدفعان الهواء إلى أسفل. لكن عندما يكون الطائر سايقاً في الجو انسياباً فقط، فإن نسيطة الجناحين، بفضل شكلهما، تكسبه قوة رفع.

نمط فقاعات الصابون بشكل غريب لأن الصابون يقلل التوتر السطحي للماء.

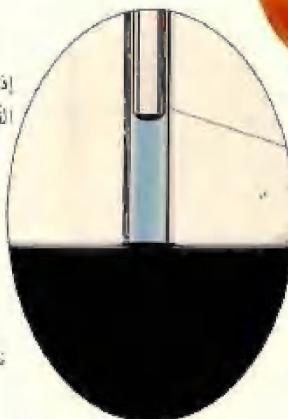


## التوتر السطحي

يدور سطح السائل وكأنه مغلف بغشاء مرن متماثل غير مرئي. وتعرف هذه الظاهرة بالتوتر السطحي، وسببها القوى بين الجزيئات التي تعمل محصنة على شد جزيئات السائل السطحية نحو الداخل. والفقاعة تتخذ شكلها الكروي المألوف بفعل التوتر السطحي.

## الخاصة الشعرية

إذا غطشت طرف أنبوب ضيق القطر جداً في سائل، فقد يرتفع السائل في الأنبوب بفعل الخاصية الشعرية. ويحدث هذا إذا كانت قوة التجاذب بين جزيئات السائل وجزيئات الأنبوب أقوى من التجاذب بين جزيئات السائل نفسها كما في الماء.



## التماسك والالتصاق

هلاله السطح، في أنبوب ضيق القطر، محببة في الماء ومفجرة في الزئبق. ذلك لأن جسيمات الزئبق قوية التجاذب وقوية التماسك فيما بينها (وبالتالي فهي عالية التوتر السطحي) - علماً أن قوة التماسك هي القوة بين جسيمات النوع الواحد. أما جسيمات الماء فهي أكثر انجذاباً إلى جسيمات زجاج الأنبوب منها إلى بعضها. وتُدعى القوة بين مادتين مختلفتين قوة الالتصاق؛ وهي التي تسبب التصاق قطرات المطر بزجاج النوافذ.



## بليز بَسْكال

بليز بَسْكال (١٦٢٣-١٦٦٢) عالم رياضيات ولاهوتي فرنسي لاهوت صانع أول آلة حاسبة

ناجحة في سن الثانية والعشرين؛ وفي العام ١٦٤٦ صنع بارومترًا زئبقياً واستخدمته لاحقاً في قياس الضغط الجوي. وأدت دراسته خواص السوائل إلى اكتشاف القاعدة المسماة باسمه. وتنص قاعدة بَسْكال على أن الضغط المسلط على جزء من المائع ينتقل بالتساوي إلى جميع أجزائه. وقد سُميت وحدة الضغط البَسْكال (با) باسمه، وتعاوُل نيوتن على المتر المربع.



## لمزيد من المعلومات انظر

- خصائص المادة ص ٢٢
- الرابطة الكيميائية ص ٢٨
- الصائون والشتطقات ص ٩٥
- المواد المصنوعة ص ١٠٦
- الضغط ص ١٢٧
- الخاصيات ص ١٧٢
- ضغط الهواء ص ٢٥٠
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٨



# الطفو والغوص

يبدو الجسم أخف وزناً إذا غمر في الماء لأن الماء يدفعه إلى أعلى. وتُدعى قوة الدفع هذه الدفع الرافع أو الدفع العُلوي، وتُعايدل وزن السائل المزاح - وتُعرف هذه الظاهرة بقاعدة أرخميدس. فالجسم يطفو إذا كان الدفع العُلوي

للسائل مساوياً لوزنه؛ ويغوص إذا زاد وزنه على الدفع العُلوي. ويعتمد الطفو على كثافة

الجسم - أي كمية المادة في وحدة الحجم منه. فالشمعة تطفو في الماء لأنها أقل منه كثافة، فتزح من الماء. يكفي ليوفر دفعا عُلويًا يحملها؛ بينما يغوص الحجر لأنه أكثر من الماء؛ ووزن الماء المزاح، أي دفع الماء العُلوي، أقل من وزنه.



## الارتفاع

### في الجو

ترتفع المناطق الشائعة بالهليوم في الهواء لأن الهليوم أقل كثافة من الهواء؛ فوزن الهواء المزاح أكبر من وزنها.



## الطفو في الماء

تطفو السفينة في الماء لأنها تزح من الماء ما يُعايدل وزنها - أي إن قوة الدفع العُلوي تساوي وزن السفينة تماماً.



عندما الغواصة طافية تكون خزانات الصابورة (صهاريج الموازنة) مليئة بالهواء.

تُدفع المراوح الغواصة إلى الأمام.

للغوص، يُضخ الماء إلى الخزانات الصابورية فتصبح الغواصة أثقل.

للتطفو، يُضخ الهواء في الخزانات الصابورية طارداً الماء منها فتصبح الغواصة أخف.



## الغواصات

يوجد في الغواصة مستوعبات تُدعى الخزانات الصابورية، تجعلها تطفو عندما تملأ بالهواء. فرغم أن الغواصة مصنوعة من الفولاذ، فإن مُعدّل كثافتها ومستوعباتها مليئة بالهواء أقل من كثافة الماء. لكن عندما يُضخ الماء إلى داخل الخزانات الصابورية فإن الغواصة تغوص لأن كثافتها تصبح أكبر من كثافة الماء.

## أرخميدس

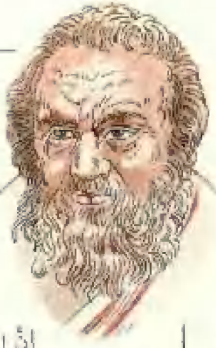
أرخميدس (٢٨٧ - ٢١٢ ق.م.)

رياضي وفيزيائي

ومُخترع إغريقي

وصاحب الفاعدة

المعروفة باسمه. يُحكى أن الملك هيرو كلفه باختيار الذهب المصنوع منه تاجه - فلاحظ وهو يستحم أن مِعْطِشَهُ يفيض عند نزوله فيه. فقام يركض عرياناً في الشوارع وهو يصيح: يوريكا، يوريكا (أي وجَدْتُهَا!). وبمعرفة أن دفع السوائل لجسم يختلف باختلاف كثافته يَهِينُ أن ذهب التاج مغشوش. ولأرخميدس اكتشافات جُلّي في الهيدروستاتيكا (علم الموائع الساكنة) والهندسة والميكانيكا.



للتطفو، يُضخ الهواء في الخزانات الصابورية طارداً الماء منها فتصبح الغواصة أخف.

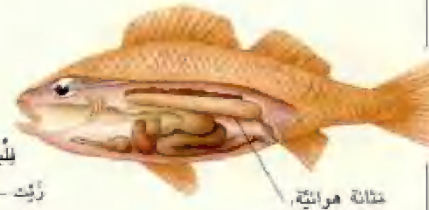


## أي الأثقل أو الأخف

يُظفر الزيت فوق الماء لأنه أقل كثافة منه، ويطفو الماء فوق الشراب للسبب نفسه. القليلة أقل كثافة من السوائل الثلاثة لذا تطفو على سطح الزيت. والكتلة اللدائية أقل كثافة من الماء وأكثر كثافة من الزيت، فهي تغوص في الزيت، وتطفو في الماء. أما خبث العنب فهي أكثر كثافة من الزيت والماء فتغوص فيهما، ليكنها أقل كثافة من الشراب، فتطفو فوقه.



لبنية  
زيت  
كثافة  
لدائية  
ماء  
خبث عنب  
شراب



مئات هوائية.

## الأسماك

بعض الأسماك ذو مثانة هوائية تعمل كالحزانات الصابورية في الغواصة. يدخل الهواء إلى هذه المثانة عن طريق القم. أو من تجرى الدم، فيمتلئ المثانة من الارتفاع شُعْداً في الماء.

## لزيد من المعلومات انظر

- خصائص المادة ص ٢٢
- القوى في الموائع ص ١٢٨
- الميكانيكا ص ١٣٠
- الأسماك ص ٣٢٦
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٨



## المكينات

ليست جميع المكينات ضخمة وكثيرة الضجة؛ فالكثير منها آلات صغيرة تُستخدم لأداء أعمال بسيطة. لكن مهما كان حجم الآلة، فالمفروض أنها تجعل أداء العمل المعين أسهل. فبعضها يحيل الحركة القصيرة إلى حركة أطول، أو القوة الصغيرة إلى قوة أكبر؛ وبعضها الآخر يستطيع تغيير اتجاه القوة أو موقعها ويسلّطها حيث الحاجة تمس إليها. لكن الآلة لا تخلق طاقة، فكلما قلت قوة الجهد ازدادت مسافة تحريكها، ويعرف هذا بمبدأ الآلات. والمعروف أن كفاءة أو فعالية المكينات لا يمكن أن تبلغ ١٠٠ بالمئة، لأن بعض الجهد المبذول يتبدد في مقاومة الاحتكاك بين أجزائها.

### الآلات المُعقّدة

التحصيدة الدّراسَةُ مَكِينَةٌ مُعَقَّدَةٌ، والواقع أنها مؤلفة من مجموعة كبيرة متآزرة من الآلات البسيطة المترابطة بوسائلٍ بارعَةٍ مبتكرة من التروس المعشقة والروافع والشُّبُور المتحركة ومنظومات الأنابيب الهيدروليّة. والنتائج مَكِينَةٌ بالغة الأهمية، تحصد الرّزح وتُنزّي الحَبّ من القش.



### تزييد الحركة

عندما يُستخدم فردين التحديق الثماني نجاديفهم لتحريك القارب، فإنهم في الواقع يُستخدمون آلات تضاعف الحركة. فتحريك الطرف الداخلي للمجذاف مسافة قصيرة، يتحرك الطرف الآخر مسافة أكبر، وهكذا يندفع القارب بسرعة غير الماء.



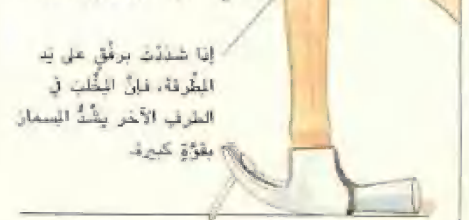
### دَاخِلُ البَيَانُو

العزف الجيّد على البَيَانُو يتطلب عَزَفَ النغمات الموسيقيّة بسرعة، ليّاً أو شديداً. لذا فإن أصابع أو مفاتيح البَيَانُو تُحِيلُ بالأوتار بنظام مُعَقَّدٍ من الرّوافع يضخّم الحركة عند تنقل أصابع العازف عليها. فيحركة أصبعيّة محدودة تضرب المطرقة وتر البَيَانُو المَعِين بقوة، فيضرب النغمة المطلوبة.



### قُوّة مُضخّنة

تروى عن العالم الإغريقي أرسطيدس أنه قال «أعطني رافعة ذات طول كافٍ، فأستطيع تحريك العالم». وهذا نظريّة صحيحة، لأن الرافعة تضخّم القوة. فالمطرقة المخلّية مثلاً، وهي نوع من الروافع، يمكن استخدامها لنزع بسمار من قطعة خشبيّة بقوة ضئيلة.



### الطريق المُمتنع

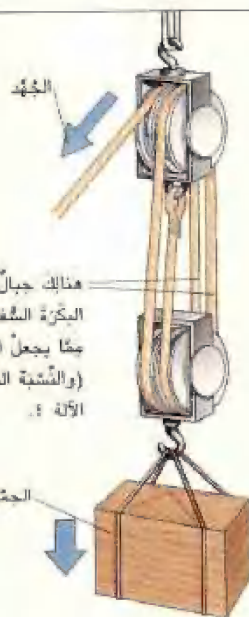
صغرة التّجبل على طريق مُتَنعج أُنشِرَ من تسلّق الشّخ في خطّ مُستقيم. فالطريق المُمتنعج، كالألة البسيطة، يُخفّض الجُهد اللازم للصعود إلى القمة، لكنّه يطيل المسافة لبلوغها.





## الآلات البسيطة

السطح المائل والأسافين والسامير الملولب والرافعة والبكرات والمستنات (أو التروس) جميعها تدعى آلات بسيطة. وهي تُيسر الشغل لأنها تمكن قوة صغيرة، تدعى الجهد، من التغلب على قوة أكبر، تدعى الحمل. ويُقال في الآلات التي تزيد القوة أنها ذات فائدة آلية يمكن احتسابها بقسمة الحمل على الجهد. أما الآلات التي تزيد الحركة، ففائدتها تدعى النسبة السرعة، ويمكن احتسابها بقسمة المسافة التي يقطعها الحمل على المسافة التي يقطعها الجهد.



## الإسفين

تُصل البِلطة إسفينًا، وهو آلة تُضخّم القوة. فعندما تضرب البِلطة الحبلية تنقل قوة الضربة إلى التشل الذي يخترق قطعة الخشب قليلًا ويُرغمها على الانفلاق. تتحرك قطعة الخشب غير مسافة أقل من مسافة تحريك التشل ولكن بقوة أشد.

## البكرة

البكرة تقيّد في رفع الأشياء عموديًا. وتألّف ببساطة من حبل، ملفوف حول دولاب، يُوصل أحد طرفيه بالحمل ويُسلط الجهد على الطرف الآخر لرفع الحمل. وعند استخدام أكثر من دولاب واحد، كما في البكرة أعلاه، تضخّم القوة أو الجهد، فيمكن عندئذ رفع حبل كبير بجهد أقل.

## المستنات والملفاف

تحتوي عِناقَة البيض نوعين من الآلات البسيطة - مُستنات وملفاف. المُستنات المُعقّفة أزواجًا، أحدها أكبر من الآخر، تضاعف القوة أو تضاعف السرعة وتغيّر اتجاه الحركة. الملفاف يُضاعف القوة لأن مسار الدولاب أطول من مسار الجزء فيدور الجزء بقوة أشد. يقيّض (أو يد) العِناقَة يُدير المُستنة الكبرى بقائدة آلية كدولاب وجُزء، والمُستنة الكبرى تُدير بدورها مُستنة أصغر بسرعة أعظم.

للخِناقَة جناحان

تدور بحورا الخِناق، بترسّيتيها الصغيرتين، مسافة أقل من المُستنة الكبرى فيديران جناحي الخِناقَة بقوة أشد.



## الرافعة

الرافعة مُنحَل أو ذراع يُدور حول نقطة تدعى المُرتكز أو محور الارتكاز لتحريك الحمل. هنالك ثلاثة أنواع من الروافع تبعًا لموقع المُرتكز بين الجهد والحمل، كما هو مبين في الشكل الشرق. الروافع من النوع الأول والثاني تضخّم القوة (تساقط الجهد فيها أكبر من مسافة الحمل)، وروافع النوع الثالث تضخّم المسافة. في الجسم البشري أمثلة على مختلف أنواع الروافع - فالذراع مثلاً، رافعة من النوع الثالث، تتركزها عند المرفق، وجملتها هو اليد وما قد تحمله، وجملتها هو ما تبذله عضلة الذراع من قوة شد.



المُلقط رافعة من النوع الثالث - تُضخّم المسافة (الجهد بين المُرتكز والمقاومة)

مُشاراة البؤن رافعة من النوع الثاني - تُضخّم القوة (الجهد بين الجهد والمُرتكز)

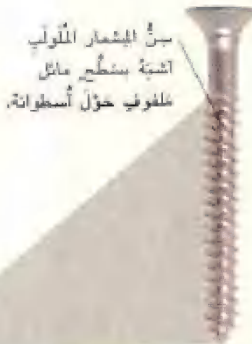
الرُزديّة رافعة من النوع الأول - تُضخّم القوة (المُرتكز بين الجهد والحمل)

يدأر المقيّض ليزم الشادوف.

انبوب خشبيّ أزول بعضه في الرشم ليلان اللولب في داخله.



شادوف أرخميدس



سِرّ المِشمار الملولب آتية بسطح مائل ملفوف حول أسطوانة.

## السطح المائل

النعروف أن دفع الشيء شُعدًا على سطح مائل يُيسر من رفعه. حسلاً - يُستخدم عِشالٌ تَقَل الأثاث مثلاً، لَوْحًا مائلًا في تحميل الأغراض الثقيلة في الشاحنة. فهم يدفعون الأشياء مسافة أطول من مسافة رفعها عموديًا، لكنهم يبذلون في ذلك جُهدًا أقل - فالسطح المائل إذن آلة تُضخّم القوة.



## المِشمار الملولب

سِرّ المِشمار الملولب هو في الواقع سطح مائل. والمِشمار الملولب ذو فائدة آلية لأنه يبرم مسافة أطول من المسافة التي يتحرك بها إلى الأمام وهذا يعني أنه يتحرك إلى الأمام بقوة أكبر من القوة التي تُبذل في برمه. أحيانًا تُرفع مياه النهر لبري الخُطوط بواسطة سِبِطَة تدعى شادوف أرخميدس - فكلّما يدأر الشادوف دورة، ترتفع المياه قليلًا داخل أنبوبه.

## لمزيد من المعلومات انظر

- القوى والحركة ص ١٢٠
- قوى الدوران والتدوير ص ١٢٤
- الطاقة والغوص ص ١٢٩
- الأصوات الموسيقية ص ١٨٦
- الهياكل المدعمة ص ٣٥٢
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٨



# الشغل والطاقة



## قياس الشغل

عندما ترفع شاحنة اليرفاع الشوكي صناديق الشاحن، فهي تعمل على مقاومة قوة الجاذبية. وكلما ازداد ثقل الصناديق وقُدْرَةُ الرفع، يزداد الشغل المبذول، فالشغل = القوة × المسافة.



كيلوغرام من  
البندورة (الطماطم)

٢٤ غرام من الشوكولاته  
بالحليب (باليون)

## طاقة الأغذية

لا يمكنك العيش بدون الطاقة التي تحصل عليها يوميًا من طعامك. لكن الإفراط في تناول الطاقة قد يُضِرُّ صحتك. أنواع الأغذية المختلفة تحوي كميات مختلفة من الطاقة. فالطاقة المتوافرة في ٢٤ غرامًا من الشوكولاته بالحليب مثلاً، تعادل الطاقة المتوافرة في كيلوغرام واحد من البندورة الطازجة.



**احتياجنا من الطاقة**  
نقاس الطاقة بالجول، لكن الجول وحدة صغيرة؛ لذا نستخدم الكيلوجول (كج = ١٠٠٠ جول) كوحدة لقياس كمية الطاقة في طعامنا. كما نستخدم أيضًا وحدة الكيلوكالوري (ككال = ٤,٢ كيلوجول). الذكور والإناث من مختلف الأعمار يستهلكون كميات مختلفة من الطاقة كل يوم، تبعًا لنوع عمل كل منهم. فالصبي الناشئ مثلاً، يحتاج إلى حوالي ١٢,٦٠٠ كج (أو ٣٠٠٠ ككال) من الطاقة يوميًا، بينما تحتاج الفتاة إلى حوالي ١٠,٥٠٠ كج (أو ٢٥٠٠ ككال).



عاجل نشغل -  
١٦٨٠٠ كج  
(أو ٤٠,٠٠٠ ككال)

زجل -  
١٢٦٠٠ كج  
(أو ٣٠٠٠ ككال)

امرك -  
١٢٦٠٠ كج  
(أو ٣٠٠٠ ككال)

فسي -  
١٢٦٠٠ كج  
(أو ٣٠٠٠ ككال)

مرك -  
١٢٦٠٠ كج  
(أو ٣٠٠٠ ككال)

وأك -  
١٢٦٠٠ كج  
(أو ٣٠٠٠ ككال)

زجل -  
١٢٦٠٠ كج  
(أو ٣٠٠٠ ككال)

في رفع ثقاة  
وزننا نبوش  
عموديا مسافة  
متر ليزل شغل  
مقداره جول.



## الجول

نستخدم الجول كوحدة شغل، كما هو وحدة طاقة. والجول هو الشغل المبذول عندما تحرك قوة، ومقدارها نيوتن، شيئًا مسافة متر في اتجاهها.



## جيمس جول

العالم الإنكليزي جيمس جول (١٨١٨-١٨٨٩) كان من أوائل من أدركوا أن الشغل يُولد حرارة، وأن الحرارة شكل من أشكال الطاقة. فقد أدار جول معاديف خاصة في وعاء به ماء، فلاحظ أن الماء يسخن، وأنه كلما ازداد تدوير المعاديف، وبالتالي الشغل المبذول، ازدادت سخونة الماء. فادرك أن الشغل يحول الطاقة الحركية إلى طاقة حرارية. كان جول مُعَرِّمًا بإجراء الاختبارات، وقد وجد بالاختبار مرة أن درجة حرارة الماء، في أسفل الشلال، أزيد منها في أعلاه، مما يثبت أن طاقة المياه الساقطة تتحول إلى حرارة.



## أشكال الطاقة

الجسم المتحرك له طاقة يكتسبها نتيجة لحركته؛ فطاقة الحركة من سيارة متحركة قد تهدم جدارًا من الطوب. أما الطاقة التي يكتسبها الجسم نتيجة لوضعه، كماء السد العالي مثلاً، فهي طاقة الوضع؛ وهي طاقة كامنة يمكن أن تتحول إلى طاقة حركية. الطاقة الكيميائية هي شكل من أشكال الطاقة الكامنة المخزنة في التركيبة الكيميائية لبعض الأشياء كالنباتات والقط والفحم والبطاريات. وأكثر أشكال الطاقة، تعدد استعمال، هي الطاقة الكهربائية إذ يمكن تحويلها بسهولة إلى أشكال أخرى من الطاقة: ضوءاً أو صوتاً أو حرارة.

التلفزيون الثنائي هذا يعمل بطاقة كيميائية، مخزونة في بطارياته. تتحرك عندما يسري تيار كهربائي عبره لتنتج حرارة وضوءاً وصوتاً.



في عضلات القملطة طاقة مخزونة تستخدم البراء بعضها لتساقط الشجرة. وخلال التساقط تزداد طاقتها الكامنة الثقالية - بحيث يمكنها السقوط ويسقطها تكتسب القملطة طاقة حركية.



## طاقة الحركة

استخدمت الطواحين الهوائية أصلاً ليدوير آلات كالمطاحن مثلاً. فبدوران أشرعتها تحرك طاحونة الهواء الرضى، محولة طاقة حركة الريح إلى حركة حجر الرضى. تتناسب طاقة حركة الجسم طردياً مع كتلته ومربع سرعته. فإذا تضاعفت كتلة الجسم، تضاعفت طاقة حركته، أما إذا تضاعفت سرعته، فإن طاقة حركته تزداد أربع مرات.

## جيمس واط

جيمس واط (١٧٣٦ -

١٨١٩)، مخترع

اسكتلندي عميل صانع

أدوات بجامعة غلاسكو

وهو في سن العشرين.

وبينما كان يضلح نموذج

محرك بخاري، ارتأى

إمكانية تحسينه فيما لو شغل

بأسطوانتين. وقد صنع محركاً بخارياً

مُحسناً بالحجم الطبيعي، فكان أعلى قدرة

وأجدي اقتصادياً من المحركات السابقة بكثير.

ولم يمض طويل وقت حتى عم استخدام

محركاته في المصانع والمناجم الإنكليزية كافة،

كما صُدرت إلى أوروبا وأمريكا الشمالية.



يحتاج إلى وزن يرفع الثقل بالسرعة التي يرفعها بها الرجل.



## رفع الأثقال

القدرة هي معدل بذل الشغل، أو مقدار الشغل التي يتحول فيها شكل من الطاقة إلى آخر. الرجل أمد قدرة من الولد، فهو يستطيع رفع الثقل بالسرعة، لكن الولد إن استطاع ذلك قبله. ونحذف قياس القدرة الواط، ونحذف حول في الثانية.

## الطاقة الكامنة

الطاقة الكامنة هي الطاقة التي يكتسبها الجسم نتيجة لوضعه أو حالته. فعقريث الغلبة مثلاً، يكتسب طاقة كامنة عندما يُضغَط داخل الغلبة. ومن أنواع الطاقة الكامنة الثقالية (الجسم مرفوع)، والطاقة الكامنة المرورية (الجسم مرن مضغوط أو مضغوط)، والطاقة الكامنة الكهربائية (الجسم قرب تيار كهربائية)، والطاقة الكامنة المغناطيسية (لقطعة من الحديد قرب مغناطيس).



عقريث الغلبة يكتسب طاقة كامنة شطوطه عندما يُكَبَّر داخل الغلبة.

## لمزيد من المعلومات انظر

- مصادر الطاقة ص ١٣٤
- الحرارة ص ١٤٠
- المحركات ص ١٤٣
- مصادر الكهرباء ص ١٦٠
- الطوت والقوة ص ١٧٧
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٨

عند رفع غطاء الغلبة يندفع العقريث قافراً يتحول طاقته الكامنة إلى طاقة حركية.



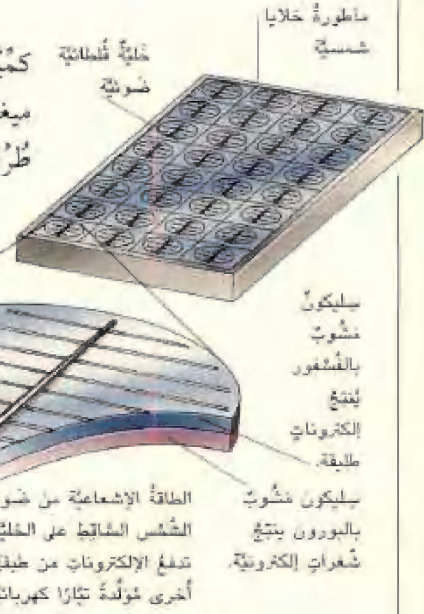
# مصادر الطاقة



## طاقة الكتلة الحيوية

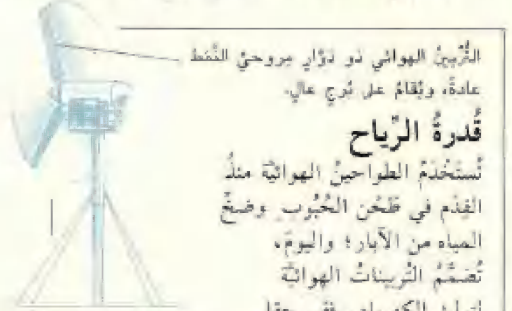
الطاقة المستمدة من المشتقات العضوية للكائنات الحية كالحطب والخشب مثلاً. تُدعى طاقة الكتلة الحيوية. وتستخدم نصف سكان الأرض تقريباً أحد أشكال هذه الطاقة في الطبخ والتدفئة والإضاءة. هذا الرجل من الهند يستخدم الغاز الحيوي للطبخ. وهذا الغاز هو مزيج من الميثان وثنائي أكسيد الكربون ينتج من تغفن الفضلات أو تخمر روث الحيوانات.

كمية الطاقة التي تصل الأرض من الشمس ضخمة (حوالي  $3 \times 10^{24}$  ميغاواط ساعة سنوياً). وقد قدر أحدهم الطاقة الساقطة على طرقات الولايات المتحدة في سنة واحدة بضغيف الطاقة المنتجة من الفحم والنقطة سنوياً في سائر أقطار العالم. وتصلنا طاقة الشمس في ظواهر متعددة - كالرياح والأمواج مثلاً، أو كطاقة شمسية مباشرة. وتتحصر أشكال الطاقة التي ليست الشمس مصدرها في الطاقة النووية، والطاقة الكيماوية في البطاريات الكهربائية، وطاقة المد والجزر، والطاقة الحرارية الأرضية الجوفية. مصادر الطاقة بعضها متجدد لا ينضب، وبعضها الآخر، كالنفط والفحم لا يتجدد، وهو آيل حتماً للتفاد.



## تحويل ضوء الشمس إلى طاقة

الشمس مصدر طاقة مهم متجدد وغير ملوث. يمكن تحويل طاقة الشمس إلى طاقة كهربائية مباشرة داخل خلايا (شمسية) قلمانية ضوئية. وتستخدم هذه الخلايا في الحاسبات والشبكات الراديوية ومحطات النقل التلفونية العاملة بالطاقة الشمسية في المناطق النائية، كما في الشواطي الفضائية، وفي الطائرات الملاحية في غرض المحيطات.

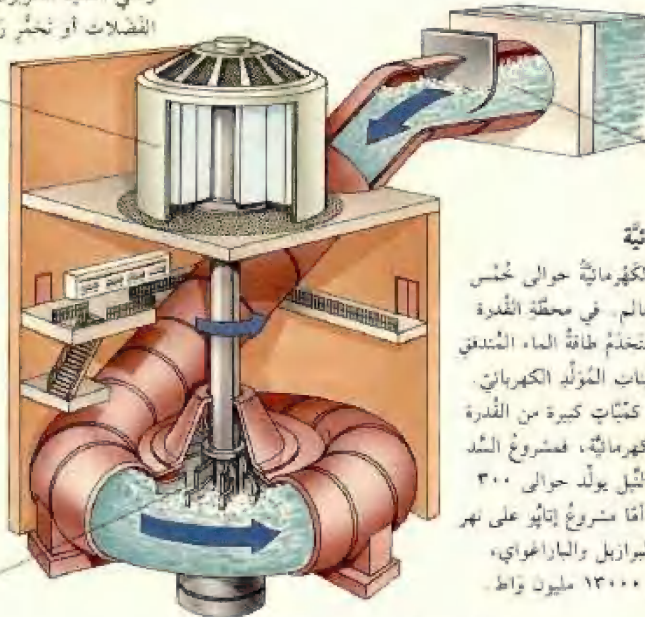


## قدرة الرياح

تستخدم الطواحين الهوائية منذ القدم في طحن الحبوب ووضف المياه من الآبار واليوم، تُصنّف التربينات الهوائية لتوليد الكهرباء. ففي حقول من هذه التربينات في مثير المولت بكاليفورنيا، الولايات المتحدة هناك ٣٠٠ ترين تولد كافة المناطق حول لوس أنجلوس بالكهرباء. أما أحسن تولد هوائي للكهرباء في العالم فيوجد في هاواي، إذ يبلغ طول الواحدة من ريشتي مروحة الشفاة فوق برج يبلغ ٢٠ طابقاً، قرابة ٥٠ متراً.

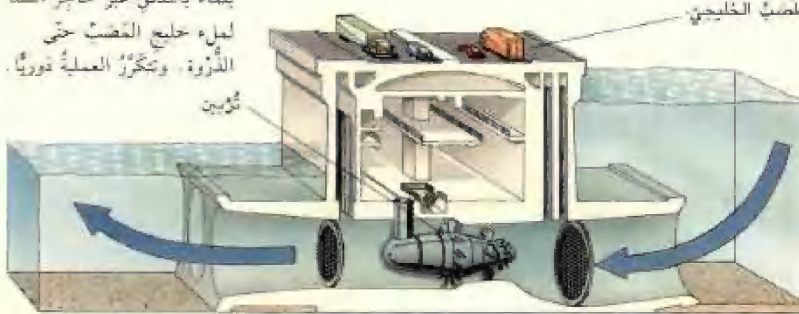
## القدرة المائية

توفر الطاقة الكهربائية حوالي خمس الطاقة في العالم. في محطة القدرة الكهربائية تستخدم طاقة الماء المتدفق في تسير ترينات المولت الكهربائي. ويمكن توليد كميات كبيرة من القدرة بالمشاريع الكهربائية، فمشروع الشد العالي على النيل يولد حوالي ٣٠٠ مليون واط. أما مشروع إتاو على نهر بارانا، بين البرازيل والأرجنتين، فيولد حوالي ١٣٠٠٠ مليون واط.



## قدرة المد

بُني أولى تجربات تحققات القدرة المد جزرية في العالم غير المنضب الخليجين لبحر رانس في برتاني. بفرنسا، وتستطيع إنتاج ٢٤٠ مليون واط - تُد احتياجات مدينة سكانها ٣٠٠,٠٠٠ نسمة. عند الجزر، يُحضر الماء داخل الشد على مستوى قروة المد، وعندما يصل الفرق في مستويي الماء ٣ أمتار، يُشغّل الماء بالتدفق من الشد نحو البحر، ماراً عبر ٢٤ تريناً ضخماً لتسيير مولدات الكهرباء. وعند عودة المد، يُشغّل الماء بالتدفق غير حاجز الشد لملء خليج الضغط حتى الذروة. وتتكرر العملية دورياً.



## الصخور الحارة

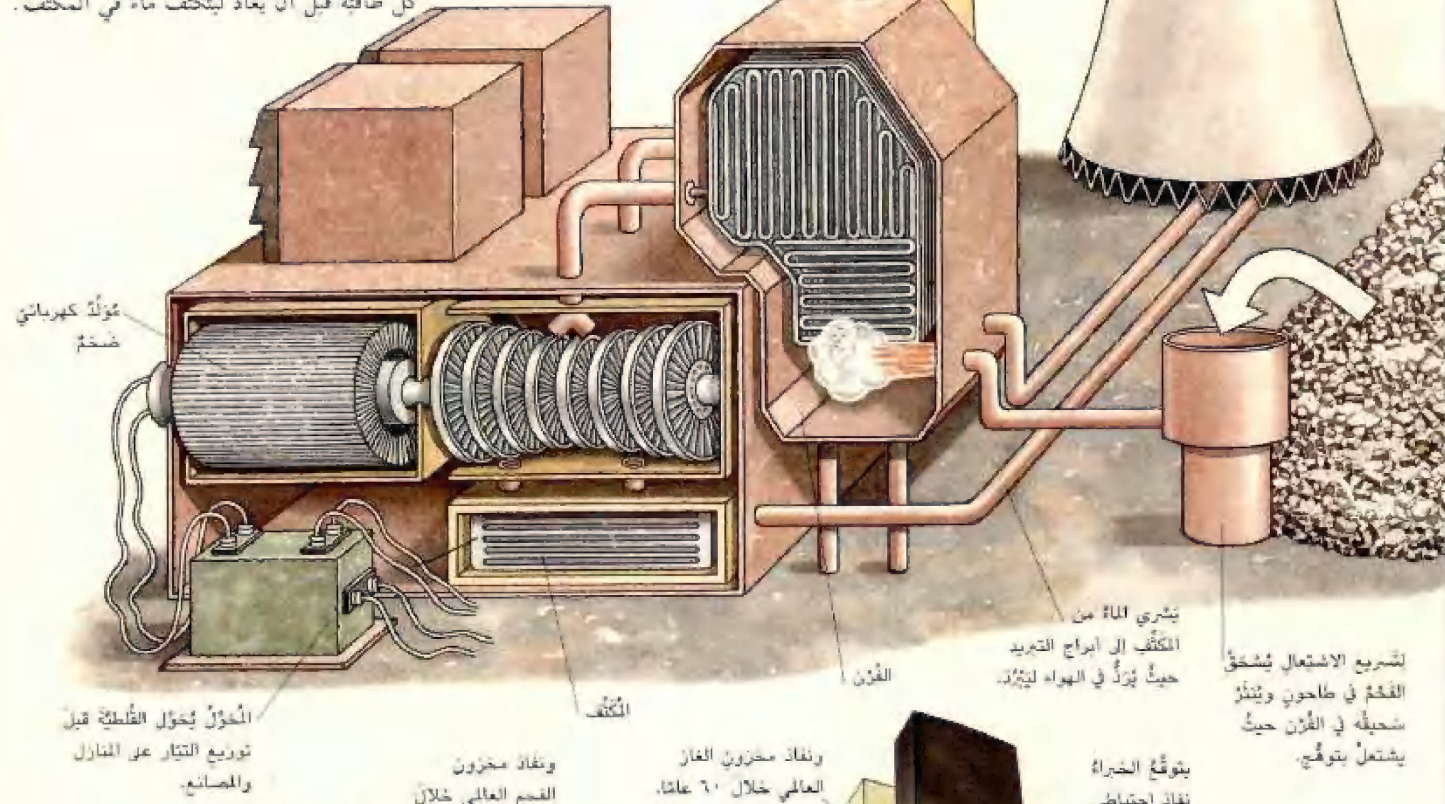
تبلغ حرارة بعض الصخور في القشرة الأرضية ١٠٠٠°س، مما يجعل جوف الأرض مخزوناً هائلاً للطاقة الحرارية الأرضية. بعض هذه الطاقة يصل إلى سطح الأرض طبعياً كخجمات المياه الحارة أو فوارات البخار. وفي بعض المناطق يُضخ الماء إلى باطن الأرض ليُسَخَّر ثم يُعاد للإفادة من طاقته الحرارية، وتُستغل الطاقة الحرارية الأرضية في قرابة ٢٠ بلداً في العالم للتدفئة أو لتوليد الكهرباء.





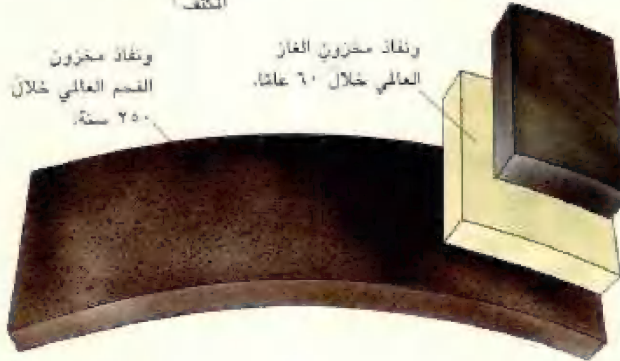
## داخل محطة لتوليد القدرة

تحتوي محطة توليد القدرة العاملة بالزيت أو الفحم قرناً حيث يحرق الوقود لتسخين الماء وإنتاج البخار. وهذا البخار يُدير توربين مولد كهربائي. ومن المولد تُرسل الكهرباء عبر كبلات شبكة التوزيع إلى المنازل والمكاتب والمصانع. والبخار يُمرّر عادةً عبر ثلاثة تزيينات على التوالي، حتى تُستفد من كل طاقته قبل أن يُعاد ليتكثف ماء في المكثف.



## الوقود الأحفوريّة

الفحم والغاز الطبيعي والنفط وقد أُخفِيت لأنها بقايا نباتات وحيوانات الدُثُر منذ زمن بعيد. وهي وقد سهّلت الاستعمال وفيرة القدرة، لكنّ اشتعالها يُطلق ثاني أكسيد الكربون في الجوّ ممّا يزيدُ الحرّ العالمي بظاهرة الدفئ. إنَّ مُعدّل استهلاك هذه الوقود يتزايد بسرعة، علماً أنّ مخزونها العالمي مُحدودٌ كمّاً، وحتى لو استمرّ الاستهلاك بالمُعدّل الحالي، فإنَّ مُخزونها في العالم لن يكفي لأكثر من ٢٥٠ سنة.

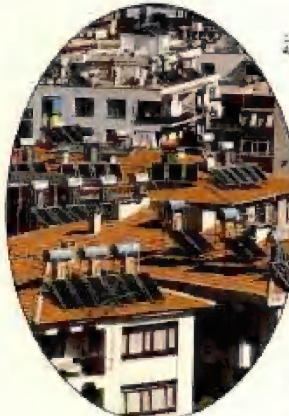


## مصادر الطاقة

ح ١٠٠ استُخدم الرومان الفحم وقوداً.  
ح ٦٥٠ استُخدمت الطواحين الهوائية في بلاد فارس.  
١٨٥٩ خُبرت أول بئر للنفط في بنسلفانيا، بالولايات المتحدة.  
١٨٨٠ بُنيت أول محطة لتوليد الكهرباء في لندن باتكيترا.  
١٨٩١ غرّست أول محطة قدرة كهربائية في ألمانيا.  
١٩٥١ توليد الكهرباء للمرة الأولى بالطاقة النووية في الولايات المتحدة.  
١٩٦٠ بُنيت أول محطة قدرة حرارية شمسية في تركمستان بالاتحاد السوفياتي السابق.  
١٩٦٨ دُشنت أول محطة قدرة مائية في فرنسا.

## الطاقة في المنازل

يستهلك منزلٌ عادي في سنة واحدة خمسة أضعاف الطاقة التي يبذلها جميع المتسابقين في سباق ماراثون (مداة ٤٢,٢ كلم). المصدر الأساسي للطاقة في المنازل هو الكهرباء، لكنّ يُستخدم أيضاً الفحم والغاز والزيت والخطاب. وقد تُستخدم بعض المنازل الحديثة السخانات الشمسية لتسخين الماء. والسخان الشمسي هو صندوق ذو واجهة زجاجية في داخله أنابيب مغطاة بدهان أسود - لأنّ اللون الأسود يمتص حرارة الشمس فيسخن الماء الساري في الأنابيب.



## لمزيد من المعلومات انظر

- الطاقة النووية ص ١٣٦
- المحركات ص ١٤٣
- الخلايا والبطاريات ص ١٥٠
- مصادر الكهرباء ص ١٦٠
- الطواحين المائية ص ٢٢٤
- الأمواج والمدّ والجزر ص ٢٣٥
- الجزر ص ٢٤٨
- دورات في الغلاف الجوي ص ٣٧٢
- البشر وكونهم ص ٣٧٤
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٨



# الطاقة النووية

تحتوي الذرة قدرًا هائلًا من الطاقة - هو طاقة نووية - نتيجة للقوى الشديدة الرابطة بين جسيمات نواتها. وتحدث التفاعلات النووية طبيعيًا، وهي التي تُكسب الشمس قدرتها. وقد حاول العلماء تسخير الطاقة النووية، وقد نجحوا بتحقيق ذلك فقط من ذرات بعض العناصر - كاليورانيوم والبلوتونيوم والديوتيريوم (الهيدروجين الثقيل). إن الطاقة التي يمكن الحصول عليها من كيلوغرام واحد من الديوتيريوم تعادل الطاقة المنتجة من ثلاثة ملايين كيلوغرام من الفحم. هناك طريقتان أساسيتان لإطلاق الطاقة النووية: الانشطار النووي - حيث تنفلق نواة الذرة؛ والاندماج النووي - حيث تندمج نواتا ذرتين أو أكثر.

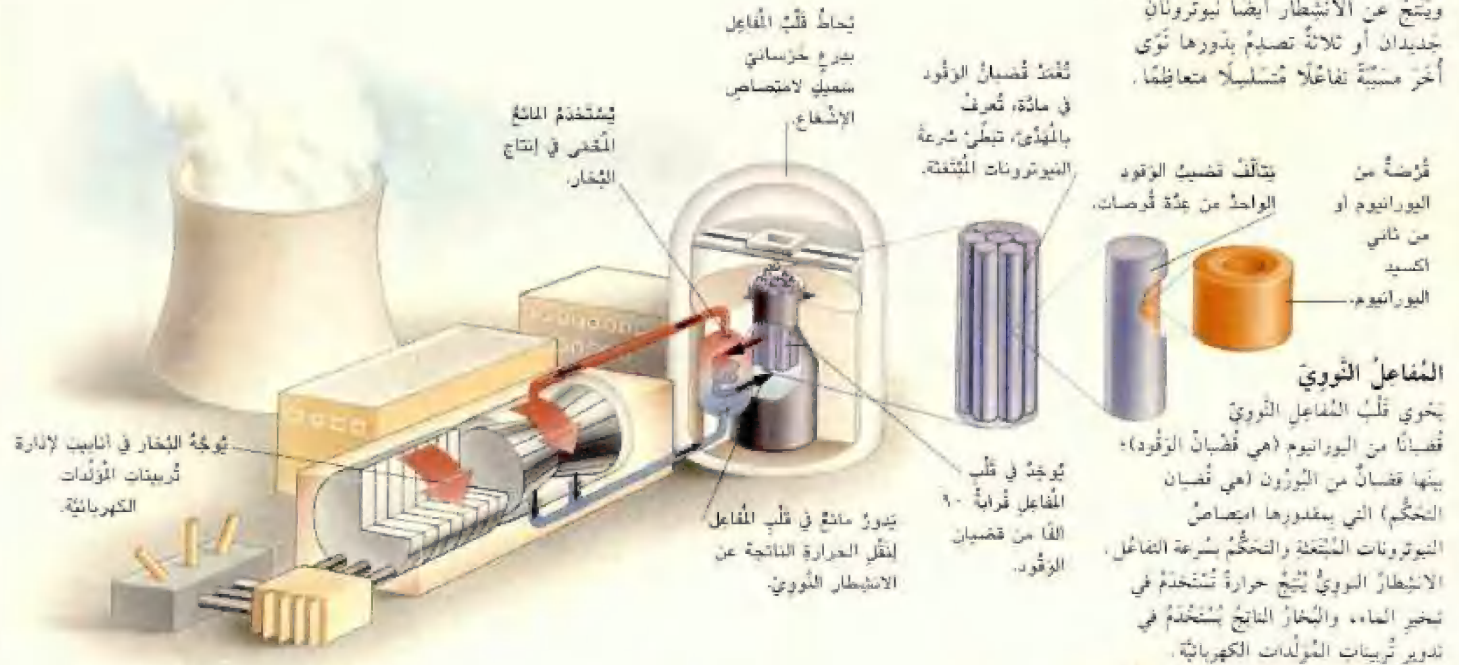


## الانشطار النووي

نواة الذرة مُحاطة بالكروونات تدور بسرعات هائلة في مدارات محددة تولّد غلافًا لا يمكن اختراقه عادة. لكن باستطاعة نيوترون عالي السرعة، مُدفعًا بعنقب، اختراق هذا الغلاف لتصلّب النواة. وإذا كانت النواة غير مستقرة، فإنها تستفلق شظيرتين. ويُعرف هذا بالانشطار النووي. وينتج عن الانشطار أيضًا نيوترونات جديدة أو ثلاثة تصدم بدورها نوى آخر مسببة تفاعلًا متسلسلاً متعاظماً.

## الإشعاع

في الصورة أعلاه يُعدّ الغلاف لاستبدال قضيب وقود من قلب المفاعل النووي، وقد عُبر هذا بالماء إلى عمق ١٠.٥ م للمحافظة على سلامتهم من الإشعاع. أما الوعج الأزرق فعائد إلى كون الجسيمات المشحونة العالية الطاقة تسير في الماء بسرعة تفوق سرعة الضوء فيه.



## التفاعل النووي

تحتوي قلب المفاعل النووي قضباناً من اليورانيوم (هي قضبان الوقود) بينها قضبان من البلوتونيوم (هي قضبان التحكم) التي يمددونها بامتصاص النيوترونات المُنتجة والتحكم بسرعة التفاعل، الانشطار النووي يُنتج حرارة تُستخدَم في تسخين الماء، والبخار الناتج يُستخدَم في تدوير تربينات المولدات الكهربائية.

## النفايات النووية

قضبان الوقود في مفاعل نووي تستهلك بعد حين ويغير أسيدالها. وهي نفايات خطيرة عالية الإشعاعية. والنفايات النووية تبقى ذات فاعلية إشعاعية حتى بعد ٢٥.٠٠٠ سنة، وتحت التخلف منها بحدٍ شديد. ويمكن تخزينها مؤقتة في خزانات من الفولاذ الذي لا يصدأ، مُحاطة بالخرسانة. أما النفايات الأكثر خطورة فمُحصَر داخل كُنْج زجاجي يُحفظ لتخزينها عميقاً في مناجم مهجورة تحت الأرض.



## تحويل الكتلة إلى طاقة

كتلة التواتج في تفاعل نووي أقل من الكتلة البدئية للمُتفاعلات - يعني أن جزءاً من الكتلة يتلاشى في التفاعل. وقد بين ألبرت أينشتاين أن الكتلة المُتلاشية تتحوّل إلى طاقة بمقتضى المعادلة:  $E = mc^2$ ، حيث  $E$  هي الطاقة الناتجة،  $m$  هي الكتلة المُتلاشية، و  $c$  هي سرعة الضوء. وحيث إن قيمة  $c$  كبيرة جداً، فإن النقص الكتلي الضئيل يُولّد كمية هائلة من الطاقة. إن تحويل كيلوغرام واحد من المادة إلى طاقة ينتج ما يعادل طاقة زلزالٍ شديد كالذي حصل في مدينة مكسيكو عام ١٩٨٥ وأحدث دماراً فادحاً كما ترى في الصورة.





## الأسلحة النووية

تكتسب القنبلة الذرية طاقتها من الانشطار النوويّ اللامحدوم. فإذا جُمعت كميّتان من نظير اليورانيوم - ٢٣٥ أو نظير البلوتونيوم - ٢٣٩ معاً لتكوين كتلة فوق الحرجة يحدث الانفجار. أمّا القنبلة الهيدروجينية فتكتسب طاقتها من الاندماج النوويّ وهي في الواقع قنبلة ذرية مُحاطة بالديوتريوم. فعندما تنفجر القنبلة الداخلية، تتولّد درجة حرارة هائلة تجعل نوى الديوتريوم تندمج بطاقة أعظم. في الصورة المقابلة منظرٌ لمدينة هيروشيما في اليابان بعدما أُسقطت عليها قنبلة ذرية عام ١٩٤٥.



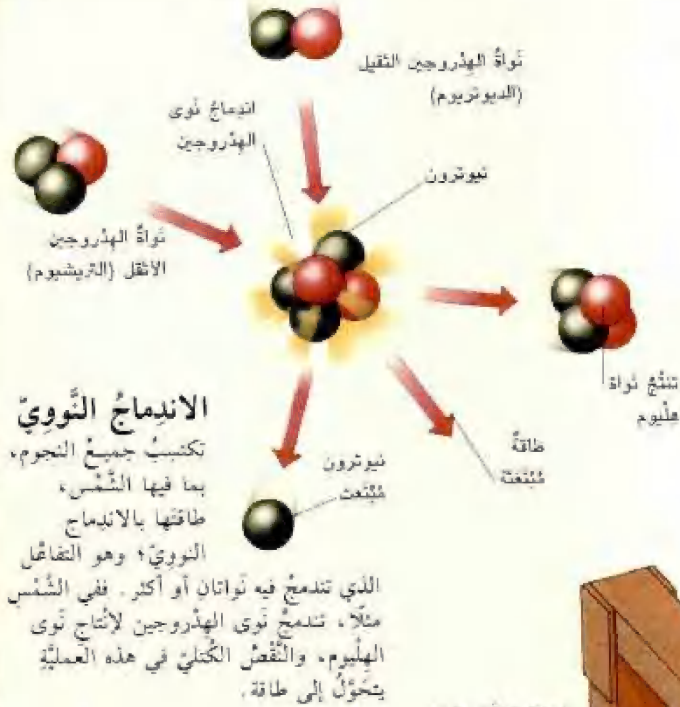
## تسخير الاندماج النوويّ

حتى الآن، لمّا تُستخدم الاندماج النوويّ عملياً على الأرض للحصول على الطاقة. معظم الأبحاث الاندماجية النووية تُستخدم مكنة تُسمى «توكاماك» وهي تُضمّ وعاء حلقيّ يحوي الغاز المراد تدمجه على شكل بلازما. ويجب إحصاء البلازما إلى درجة حرارة تبلغ عدّة ملايين من الدرجات قبل إحداث الاندماج. وحيث إنه ليس باستطاعة أي وعاء احتمال درجات الحرارة هذه تُستخدم مجالات مغناطيسية لحصر البلازما بعيداً عن جدران الوعاء.

## الطاقة النووية

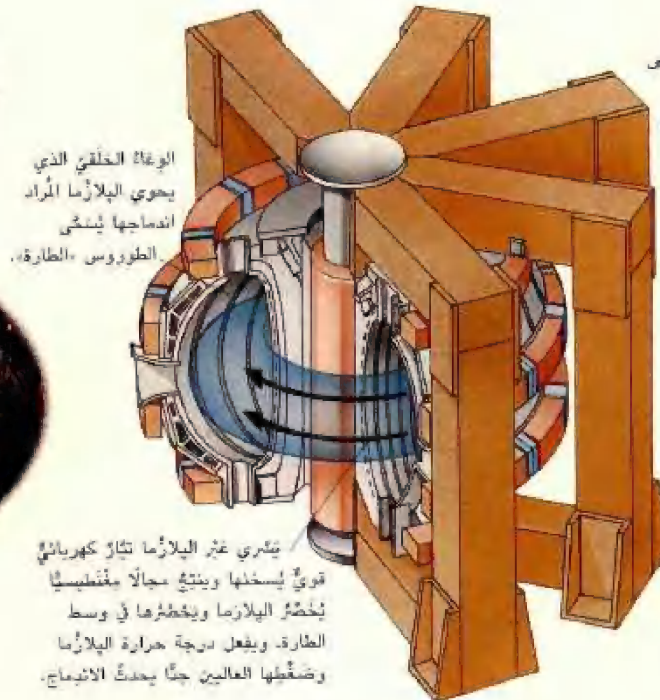
١٩٠٥ بين الفيزيائي الألماني ألبرت أينشتاين أنه يمكن تحويل الكتلة إلى طاقة.  
١٩١٩ أعلن الفيزيائي آرست رذرفورد عن قلّة نواة ذرة الهيدروجين.  
١٩٣٩ أعلن العالمان الألمانيان أوتو هاهن وفريتر ستراسمان اكتشاف الانشطار النوويّ.  
١٩٤٢ بنى الإيطالي، أنريكو فرمي، أول مُفاعل نوويّ في جامعة شيكاغو بالولايات المتحدة.  
١٩٥١ توليد كهرباء بالطاقة النووية لأول مرّة بواسطة مُفاعل مُولّد اختياري في ايداهو، بالولايات المتحدة.  
١٩٥٦ بدأت أول تحفلة قدرة نووية تجارية بالمُثل في كالدر هول، بإنكلترا.  
١٩٨٦ انفجار مُفاعل شرنوبيل، ببروسيا، أطلق سُحُباً من المواد المشعّة وَصَلت إلى أسوج.

١٩٩١ أوّل اندماج نوويّ مُتحكّم به في مُختبر جيت (الطوروس الأورديي المشترك) في أكسفورد، بإنكلترا.



**مُسارِعُ الاندماج**  
وتُبلّد جهود أخرى لإنتاج اندماج نوويّ مُتحكّم في مكينات تُسمى مُسارعات الحُرْم الحُسيمية التي تُعتبر مُسارِعُ التّوكيركه، بالولايات المتحدة أعظمها قدرّة. هذا المُسارِع، المُركّز في عزّان ماء، يُوجّه نبضة كهربائية قدرتها ١٠٠ ترليون واط نحو نُقْرة من غاز الديوتريوم بحجم حبة البسلي. عند إطلاق الحُرْمية يُغيّر سطح الماء شَرَر كهربائية تُخفي الغاز إلى ملايين درجات الحرارة ليضعة أجزاء البليون من الثابة - وهي بُعد غير كافي ليُدّ تفاعل الاندماج، لكنّ البُعث والتجارب مُستورة.

لمزيد من المعلومات أنظر
البنية الذرية ص ٢٤
النشاط الإشعاعي ص ٢٦
السرعة ص ١١٨
مُضاوَر الطاقة ص ١٣٤
تحوّلات الطاقة ص ١٣٨
الكهرباء الثابتة ص ١٤٨
المغناطيسية ص ١٥٤
النجوم ص ٢٧٨
حقائق ومعلومات ص ٤٠٨



## ليز مايشنر

عملت ليز مايشنر (١٨٧٨-١٩٦٨)، النمساوية المولدة في برلين منذ العام ١٩٠٧ مع الفيزيائي الألماني أوتو هاهن. وفي عام ١٩٣٨، اضطرت للفرار من الحكم النازي إلى أسوج. ونُعدّ مُضي بضعة أشهر على وجودها في أسوج، أغلّماها هاهن عن بعض نتائج مُحيرة، توصل إليها في إحدى التجارب مع ألماني آخر هو فريتر ستراسمان. فأدركت مايشنر أنّ هاهن قد حقّق قلّة نواة اليورانيوم؛ أي إنه اكتشف الانشطار النوويّ. وعندما أعلن هاهن الاكتشاف، لم يُشر إلا بقليل من الفضل لفيثنة مايشنر ونفاذ بصيرتها. وفي عام ١٩٤٤، مُنح هاهن جائزة نوبل، دون أن تقابله مايشنر ذلك الشرف.



# تحوّلات الطاقة

في التفريغ البرقي تتحوّل الطاقة الكهربائية بمشهد مُثير إلى طاقة صوتية وصوتية وحرارية. والواقع أنّ تحوّلات الطاقة من شكلٍ إلى آخر جاريةٌ حولنا باستمرار. فعندما تضغطُ زرّاً كهربائياً، تتحوّل الطاقة الكهربائية فوراً إلى طاقة صوتية وحرارية. والبراعة (يرقانه الحُجّاب) تحوّل الطاقة الكيميائية في غذائها إلى طاقة صوتية وإلى طاقة حركية عند الحاجة. وأنّ حين ترفعُ جسماً ثقيلًا، تتحوّل الطاقة الكيميائية في عضلاتك إلى طاقة كامنة في الجسم المرفوع. فكلّما ازداد الشغل المبذول، تزداد الطاقة المحوّلّة.



تتحوّل الطاقة النووية داخل الشمس إلى طاقة حرارية وصوتية.

أوراق الحَبَر الخضراء تحوّل طاقة الشمس الضوئية إلى طاقة كيميائية في شكل الحَبَر بالتحليل الضوئي.



تُخلَق بَقِيَّةُ طاقة الشَّهْم النَّاريِّ الكيميائية كطاقة صوتية وصوتية عندما ينفجر في الجو.

## سلسلة طاقة

هل تدري أنّ ساعة المُنْبَهِ، في حقيقة الأمر، تستمدُّ قدرتها من الشمس؟ إنّ الطاقة نادرًا ما تتحوّل مباشرةً من شكلها الأولي إلى شكلها النهائي؛ بل تُمرّ عادةً في سلسلة من التحوّلات. فطاقة الشمس تُنمّي الغذاء؛ ويتناولنا هذا الغذاء لُحْلُقُ مَحْزُونًا من الطاقة الكيميائية، في أجسامنا، يُمكننا استخدام بعضها في تدوير ساعة المُنْبَهِ. وهذا يُكسبُ المُنْبَهِ طاقةً كامنةً يُحوّلها بدوره إلى حركة وطاقة صوتية.



إذا أكلتُ جُرَّةً، تنتقل الطاقة الكيميائية المخزونة فيها إلى جسمي، وتُستخدم في أنشطة عديدة كالنفس والحركة. وفي تدوير ساعة المُنْبَهِ، تتغيّر الطاقة الكيميائية هذه إلى طاقة مرونية كيميائية في زنبرك المُنْبَهِ.

تغيّرات الطاقة في الفوس المُشدودة طاقة مرونة كيميائية. كما في نابض مضغوط، فحين يُسحب

الفوس، تتحوّل الطاقة الكامنة فيه إلى طاقة حركية في الشَّهْم المُنتقل. وعندما يصبُّ الشَّهْم الهدف، الشَّهْم رُفْعَةً؛ لقد تحوّلَت طاقة الحركة إلى طاقة صوتية، وقبيل من الطاقة الحرارية. الجدارية المصرية أعلام تُمثّل الفرعون رمسيس الثاني.

في ساعة المُنْبَهِ، تتحوّل الطاقة الكامنة في الزنبرك المشدود لَمَّا إلى طاقة حركية في عقارب المُنْبَهِ، وإلى طاقة صوتية في تكاتر. ويظلُّ المُنْبَهِ يعمل حتى تُفقد الطاقة



الكامنة في زنبركه.

الشَّهْم النَّاريُّ المُتعلّق إلى أعلى فيه، إلى جانب طاقته الحركية والوضع، طاقة كيميائية. وكلّما ارتفع تزايدت طاقته الكامنة، لكن ينخفض مخزونه من الطاقة الكيميائية باحترق الوقود فيه.

## طاقة المتفجرات

المتفجرات مخزونات عالية القدرة من الطاقة الكيميائية. وهي لا تحوي بالضرورة طاقة أكثر من غيرها من المواد لكنّها تتميز بقدرة على إطلاق هذه الطاقة بسرعة فائقة. الأشهر النَّاريّة تحوي مُتفجرات؛ فعندما يُشعل الصاروخ بينها، يرتفع في الجو ثم ينفجر في عرض بهيج الألوان. فالطاقة الكيميائية في المواد المتفجرة تحوّلَت إلى طاقة حركية وحرارية وصوتية وضوئية.

الشَّهْم النَّاريُّ، قبل إطلاقه، يحوي كتلة كبيرة من الطاقة الكيميائية، لكن لا طاقة وضع. عند إشعال الشَّهْم النَّاريّ ينتبعث منه دُفُوف من الغازات الحارّة إلى أسفل مما يدفعه بقوة زوّ الفعلة إلى أعلى.



## اللورد كلفن

وليم طومسون (1824-1907)، رياضي وفيزيائي بريطاني، وُلد في بلغاست بإيرلندا الشمالية. دخل جامعة غلاسغو في العاشرة من عمره وأصبح أستاذًا في الثانية والعشرين. أسهم في تأسيس علم الديناميَّات الحرارية، فأرّس علاقات مُحَدَّدة بين الحرارة والشغل والطاقة. كما اخترع مقياس درجة الحرارة المُطلقة - مقياس كلفن - وحقّق اكتشافاتٍ مهمّةً في مجالَي الكهرباء والمغناطيسية. حظي بتكريم الملكة فيكتوريا فأُصبح لقبه اللورد كلفن.







بِقَاءِ الطَّاقَةِ

من المبادئ الفيزيائية الأساسية أنَّ الطاقة لا تخلق ولا تفتى، إنما هي تتحول (أو تحول) من شكل إلى آخر. وخلال عملية التحول هذه يتبدل بعض الطاقة كحرارة - بحيث يبقى مجمل الطاقة الناتج (مع الحرارة المبددة) مساوياً للطاقة المحوَّلة (أو المتحوَّلة). ويمثل هذا المبدأ في أروحية نيوتن حيث يضع بعض الطاقة، كصوت وحرارة، تدريجياً، بينما تستمرُّ كُرَّتات الجانبيين بالترُّجُّع المتناقص والصدم لفترة حتى تتوقف عن الحركة.

الطَّاقَةُ الْمُفِيدَةُ

يُبدد القطار البخاري بعض الطاقة الحرارية غير  
مُستغلة ومن الغريب استخدام هذه الطاقة  
لتشغيل شيء آخر. فالحرارة المُبددة  
طاقة عديمة الجدوى وخفصة  
الوعي. بالمقارنة فإن الطاقة  
الكهربائية طاقة مُجدية وعالية  
الوعي. والمعروف أنه كلما تغيّر  
شكل الطاقة فإن بعض الطاقة العالية  
الوعي يُفقد. وهذا يعني أن كمية الطاقة  
المُجدية في الكون هي دومًا في انخفاض.



التي تمارسها الجائعة، كتلك المستخدمة  
في مصباح الجيب، تبتدئ  
بالمنطقة فقط من  
محتواها الطاقوي.



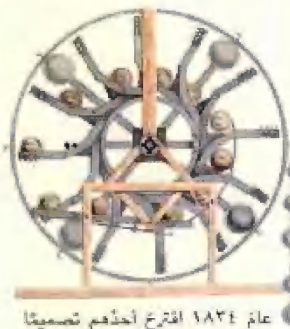
ضخمة المصباح الكهربائي  
تبدد ٩٥ بالمئة من الطاقة  
التي تستهلكها.

كِفَايَةُ (مَرْدُود) الطَّاقَةِ

عندما نستخدم شكلاً من أشكال الطاقة للقيام بشغل ما، يتبدل جزء من الطاقة دائماً على شكل حرارة غالباً. فشمعة النور مثلاً لا تحول من الطاقة التي تستهلكها إلى طاقة ضوئية إلا قرابة ٥ بالمئة فقط، والباقي يتحول إلى طاقة حرارية مهدورة. لذا نقول إن كفاءة الشمعة هي ٥ بالمئة. والواقع، أنه لا يمكن لأب محول طاقة أن يكون كفاءته ١٠٠ بالمئة.

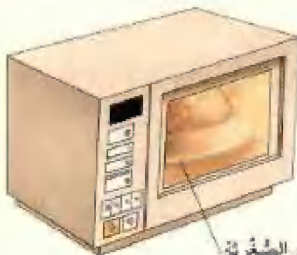
## الحركة الدائمة

حاول الكثيرون على مرّ الزّمن تصميم مكتّاب تعمل باستمرار دون مصدر للطاقة - أي مكتّاب دائمة الحركة، وهو حلمٌ يستحيل تحقيقه؛ فلا بُدَّ لأيّ مكتبة حقيقيّة من مصدر طاقة دائم؛ وليس هذا فقط، بل إنّ طاقة الدّخل في أيّ مكتبة هي دائماً أكبر من طاقة مُخرجها.



عام ١٨٢٤ اقترح أحدهم تصميمًا  
رائعة الحركة - على افتراض أنَّ  
الكُرَات المتحركة على امتداد الأذرع  
في الدوالات دائمًا باستمرار.

القرن العادي يستهلك طاقة  
شعبية لإحماء الكتب أو المجلات.



فَرُّوا الْأَوجَالَ السَّعِيرَةَ  
(الميكرويف) لَا يُبَدِّلُ طَاقَةَ فِي إِحْمَاءِ  
الطَّبَقِ، فَهُوَ يُسَخِّنُ الطَّعَامَ فَقَط.



## توفير الطاقة

يجب علينا المحافظة على مصادر الطاقة العالية  
الشمسية، كالكهرباء والنفط والغاز الطبيعي  
والنظف، لأن مواردها محدودة. فاستخدام قرن  
الأمواج الضوئية (الميكرويف) مثلا، يوفر  
الطاقة لأنه يستهلك طاقة أقل من الفرن العادي  
في انتاج الطعام، والمشرّج الجيد الغزل  
الحاراري يقدّم كمية ونود أقل، وصيانة المكنات  
جيدا كضلة يجعلها نعمة بكفافتها القصوى.

تزييد من المعلومات أنظر

التفاعلات الكيميائية ص ٥٢  
الشغل والطاقة ص ١٣٢  
مصادر الطاقة ص ١٣٤  
الطاقة النووية ص ١٣٦  
الحرارة ص ١٤٠  
الكهرباء والتيار ص ١٤٨  
الرعد والبرق ص ٢٥٧  
حقائق ومعلومات ص ٤٠٨



# الحرارة

كَمْ دَرَجَةُ الحرارة اليوم؟ للإجابة عن هذا السؤال بدقة، يلزمك ترمومتر - أي ميزان حرارة لقياس ذلك. جميع الترمومترات مُدرجة بمقاييس تستخدم نقطتين ثابتتين هما: دَرَجَةُ حرارة انصهار الجليد، ودَرَجَةُ حرارة غليان الماء على ضغط جوي عياري. هنالك ثلاثة مقاييس مهمة لدرجة الحرارة هي: مقياس سيلسيوس ومقياس فهرنهايت والمقياس المطلق أو مقياس كلفن. فدرجة انصهار الجليد على مقياس سيلسيوس هي صفر° س، ودرجة غليان الماء ١٠٠° س. على مقياس فهرنهايت، درجة انصهار الجليد هي ٣٢° ف ودرجة غليان الماء ٢١٢° ف. أما مقياس كلفن فيبدأ من أدنى درجة حرارة ممكنة نظريًا، وهي درجة الصفر المطلق؛ والدرجة فيه مُساوية قدرًا للدرجة في مقياس سيلسيوس.



## الترمومترات الطبيعية

أزهار الزعفران ترمومترات طبيعية تفتح وتتغلق عند ارتفاع درجة الحرارة وانخفاضها. وهي دقيقة للغاية، إذ تتأثر بفرق ضئيل في درجة الحرارة تبلغ ٠.٥° س.



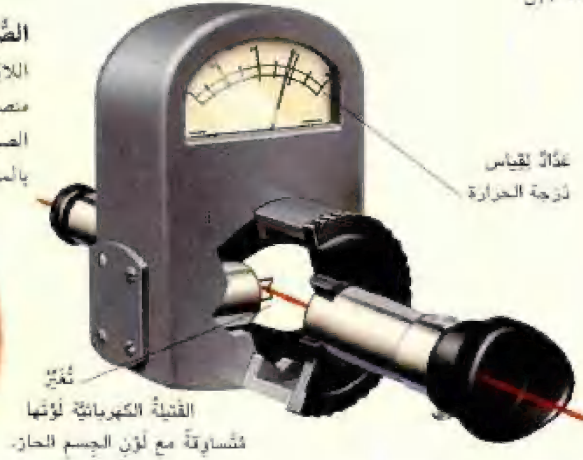
## الحرارة ودرجة الحرارة

هناك فرق بين الحرارة ودرجة الحرارة. فدرجة الحرارة هي مقياس لسرعة تحرك جزيئات الجسم. أما الحرارة فهي طاقة الجسم المكتسبة من تحرك جزيئاته. هناك كمية من الحرارة في جبل جليدي، مثلاً، أكثر بكثير مما في كوب ماء حار، بالرغم من درجة حرارته العالية؛ لأنّ جبل الجليد، رغم أنه أبرد، فهو أكبر بكثير.



## الصخور المنصهرة

اللاابة المنبثقة من البراكين هي صخور منصهرة درجة حرارتها تقارب ١٠٠٠° س. الصورة أعلاه لبراكين في جزيرة هاواي بالمحيط الهادئ.



## غريبال فرنهيت وأندرس سيلسيوس

غريبال دانيال فرنهيت (١٦٨٦-١٧٣٦) اخترع الترمومتر المعروف باسمه. وهو فيزيائي ألماني استقر في أمستردام بهولندا، وأمتحن صناعة الآلات. أما



أندرس سيلسيوس

أندرس سيلسيوس (١٧٠١-١٧٤٤) فقد اخترع المقياس المعروف باسمه، والمُستعمل بالمدى المشويّ التدريج لقياس الفرق بين نقطتي تجمّد الماء وغليانه. كان سيلسيوس أستاذًا لعلم الفلك في أيسلأ بأسوج؛ وكان الشفق الشمالي (الأضواء القطبية الشمالية) موضوعه المفضل.

## قياس درجات الحرارة العالية

يستخدم البيرومتر في قياس درجات الحرارة العالية جدًا كدرجة حرارة اللاابة المنبثقة من البراكين، أو درجة الحرارة داخل قوّن صناعية الرّحاج. بيرومتر لفضة يونانية تعني 'قياس النار'. تتوزع الأشياء بألوان مختلفة حسب درجة حرارتها. ويحوي البيرومتر قنبلة كهربائية يسخنها تيار كهربائي حتى يتساوى لونها مع لون الجسم المُتوزع. ثم تُقاس درجة الحرارة بقياس هذا التيار.

## ترمومتر الكينس

تترتّب جزيئات البلورات السائلة في صفوف منتظمة كما في البلورات الجامدة لكنها تتساقط كالمسائل. بعض هذه البلورات يتغير لونها تبعًا لدرجة الحرارة، فيستخدم في ترمومترات شريطية لأخذ درجة حرارة الأولاد والأطفال. فالحرارة تُعيد ترتيب الجزيئات مُسرّة بذلك مرور الضوء عبر السائل فتتوزع بلون مختلف تبعًا لدرجة حرارة الولد.



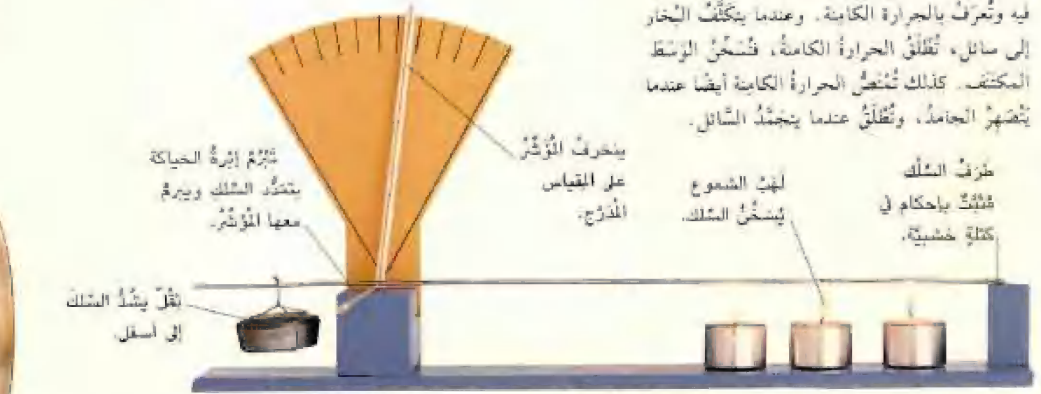
## تأثيرات الحرارة

تتمدد معظم المواد بالتسخين وتقلص عندما تبرد. فالجسر الفولاذي الذي طوله ١٤٠٠ م في الشتاء يزداد طوله بحوالي نصف متر في الصيف. عندما تسخن المادة تكتسب طاقة تجعل جزيئاتها تتحرك بسرعة أكبر وأبعد، فتشغل المادة حيزاً أكبر. وعند تغيير درجة الحرارة بما فيه الكفاية، تتحول المادة من حالة إلى حالة أخرى. فإذا سخّن جامد إلى درجة حرارة انصهاره، فإنه يتسائل؛ وإذا سخّن سائل إلى درجة حرارة عالية بما فيه الكفاية فإنه يغلي ويتحول إلى غاز أو بخار.



### الحرارة الكامنة

يمتص السائل المتحول إلى بخار كمية من الحرارة دون أن ترتفع درجة حرارته. هذه الطاقة الحرارية تستخدم في تحويل السائل إلى بخار وتحتزن فيه وتعرف بالحرارة الكامنة. وعندما يتكثف البخار إلى سائل، تطلق الحرارة الكامنة، فتسخن الوسط المكتنفذ. كذلك تمتص الحرارة الكامنة أيضاً عندما يتبخر السائل.

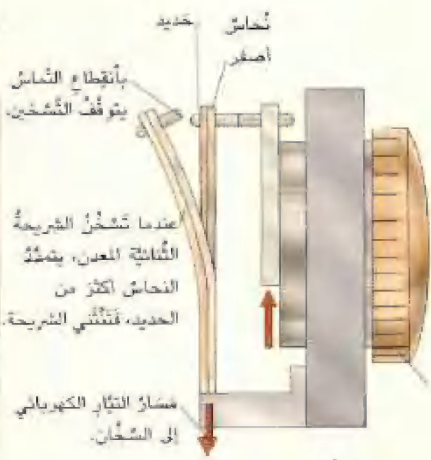


### مقياس التمدد

تسخن الشموع جانباً من السلك الخين فيتمدد - دافعا إبرة الحياكة على محورها - والإبرة بدورها تتحرك المؤشر على المقياس المزدوج.

### تمدد الغازات

تتمدد الغازات حوالي ١٠٠٠ مرة أكثر من الجوامد و ١٠ إلى ١٠٠ مرة أكثر من السوائل. فإذا تضاعفت درجة حرارة الغاز المطلقة، يتضاعف حجمه. الغلبة أعلاه مبلت إلى نصفها بالماء البارد وشدت بإحكام، ثم سخنت بين راحتي الكفين؛ فتشدد الهواء في داخلها دافعا الماء صعوداً في الأنبوب.

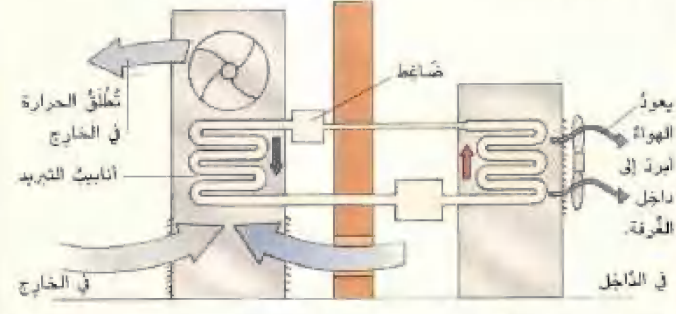


### تمدد متباين

تتمدد المواد بمتعدلات مختلفة، وتستخدم هذه الظاهرة في تشغيل الترموستات التي تثبت درجة الحرارة. يحوي الترموستات شريحة ثابته المعدن - غالباً من النحاس الأصفر والحديد. في ترموستات التدفئة، تنشي الشريحة بالإحماء، فتقطع التماس الكهربائي عندما تبلغ درجة حرارة الغرفة الدرجة المطلوبة.

### مكيف الهواء

مكيف الهواء يبرد بفعل التبخر؛ فيستعمل لوسائل التبريد بالتبخير متحولاً إلى غاز داخل أنابيب التبريد. ويمتص التبريد حرارة تبخره من الهواء الذي تسخنه المروحة من الغرفة ليعاد أبداً إليها - في حين يُضغَط غاز التبريد في ضاغط خارج المبنى حتى يتسائل ثانية، مُطلقاً الحرارة التي امتصها من الهواء داخل الغرفة.



### تخفيف الألم

يعالج هذا الرياضي برذاذ، مُطْلَقاً للألم، من مفاصل سريعة التشنج. وتُمتص الحرارة الكامنة اللازمة للتبريد من يد الرياضي فتبرد، ويخف الألم. وبالطريقة نفسها يبرّد التبريد لأن تبخر العرق يمتص الحرارة من جسمك.



لمزيد من المعلومات انظر
تغيرات الحالة ص ٢٠
الظواهر الحركية ص ٥٠
سلوك الغازات ص ٥١
الألوان ص ٢٠٢
البواكين ص ٢١٦
حقائق ومعلومات ص ٢٠٨



# انتقال الحرارة



إذا كنت على مقربة من نار أو مدفأة، تسري الحرارة إلى جسدك من الوسط المحيط. أما إذا كنت خارج البيت في يوم قارس، فالحرارة تنبعث من جسدك إلى الهواء حواليك. تنتقل الحرارة دائما من الجسم الحار إلى الجسم البارد، أو من الجزء الساخن من جسم إلى جزئه البارد. والحرارة تنتقل بطرق ثلاث هي: الحمل (الحراري) والتوصيل والإشعاع. فالحمل هو انتقال الحرارة بتيارات الحمل صعدا في السوائل والغازات، لأن الجزيئات التي تسخن تقل كثافتها فترتفع لتحل محلها جزيئات أثقل منها. أما التوصيل فهو انتقال الحرارة في الجوامد بعيدا عن مصدرها. فعندما يسخن جزء من الجامد، تستد ذبذبة جزيئاته، فتصطدم بالجزيئات المجاورة وتنقل إليها طاقتها. الإشعاع هو طريقة انتقال الحرارة عبر الفراغ بأموح كهرومغناطيسية، وبواسطة تصل حرارة الشمس إلى الأرض.



## الإشعاع

جميع الأجسام تنبعث إشعاعات حرارية تتزايد بارتفاع درجة حرارة الجسم. وتسمى هذه الإشعاعات، وتعرف بالإشعاع دون الحمراء، بسرعة الضوء، لكن طولها الموجي أكبر. وهي، كما الضوء، تنعكس عن السطوح الصلبة وتنتشر في الفراغ. وهذه الإشعاعات لا ترى، لكن بعض الكاميرات تستطيع التقاط صور بها على أعلام خاصة تدعى الصور الفوتوغرافية الحرارية. وتُشَبَّه حرارة الإشعاع من تباين ألوان الصورة - أشدها واسكنها تبدو باللون الأبيض.

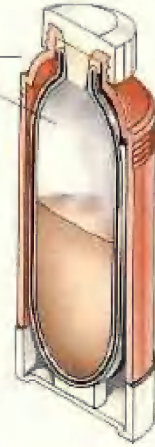
## الحمل (التصعد الحراري)

عندما تسخن البائنة، تسخن الهواء فوق سطحها ويرتفع الهواء الساخن لأنه يتمدد ويصبح أقل كثافة، فيهب الهواء البارد ليحل محله. وهكذا تتكون تيارات مستمرة من الهواء الصاعد والهابط تدعى تيارات الحمل (التصعد الحراري). وتستخدم الطائرات الشراعية والطيور هذه التيارات الحرارية الصاعدة لترفعها عاليا في الهواء.



## التلاؤم المناخي

اشكال والوان الكثير من الحيوانات تلائم بيئاتها المناخية. فتمتلك الفئك (السنثي) كلب الصحاري في شمال إفريقيا وسيناء، مثلا، لا تمتص فروقه الصفراء الناصبة اللون كثيرا من الإشعاع الحراري أثناء النهار، كما تعمل أذنه الكبيرة على نقل الحرارة إلى الهواء بالحمل. وأثناء نزهة الليل الصحراوي تحبس فروة الفئك من الهواء ما يكفي لمنع فقدان الكثير من حرارة جسمه بالتوصيل.



## الكظيمة (القارورة الخوائية)

اخترع الكظيمة العالم الاسكتلندي، جيمس ديوار (1842-1923). وهي تحفظ الشراب الساخن ساخنا، والبارد باردا، لأنها تمنع انتقال الحرارة. تتألف الكظيمة من قارورة زجاجية مزدوجة الجدران. والفراغ بين الجدران يمنع التوصيل والحمل. والجدران المفضضة الداخلي تمنع الإشعاع، والسداد اللدائي أو القليلي عازل جيد للحرارة.



## التوصيل

تختلف موصليّة المواد للحرارة باختلاف طبيعتها. الفلزات هي أفضل الموصلات. لذا تصنع القدور من الفلزات، كالنحاس



والألومنيوم، كي تسخن بسرعة، لكن مقايضها تصنع من الخشب أو اللدائن لأنها رديئة التوصيل أي عازلة للحرارة. الماء أيضا موصل رديء للحرارة. وكذلك الفلين والزجاج البقي لأنهما يحتسان الكثير من الهواء، والغازات أروا المادة توصيلا للحرارة.

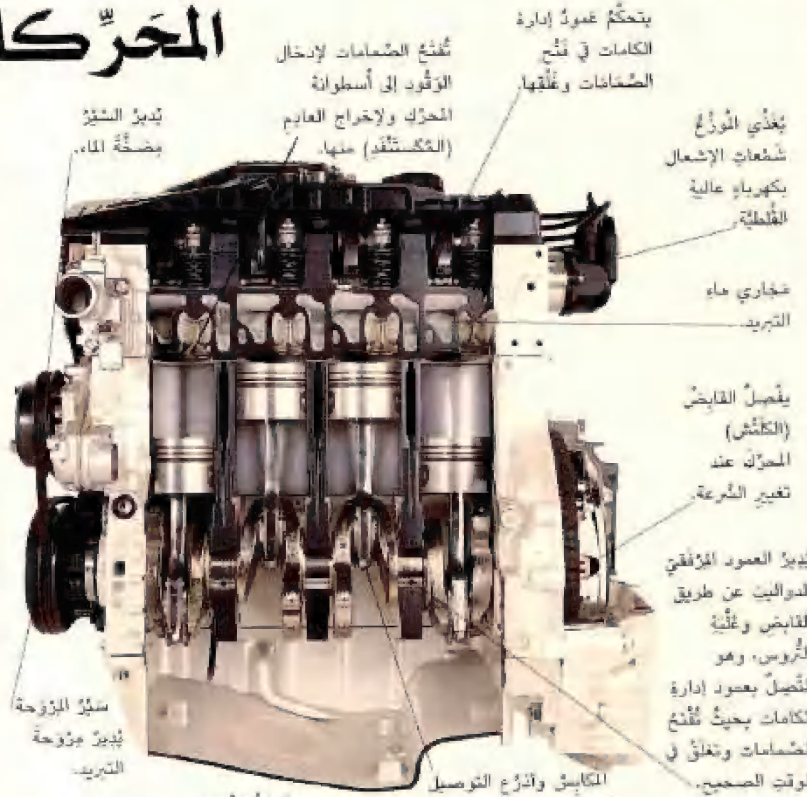
## لمزيد من المعلومات انظر

- الحرارة ص 140
- القلب الكهرومغناطيسي ص 192
- الرياح ص 254
- تكوين السحب ص 262
- الصحاري ص 390
- حقائق ومعلومات ص 408

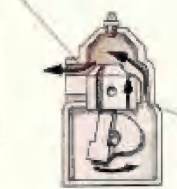


# المحركات

الصَّارُوخُ أقوى المُحركات؛ فهو يستطيع رَفْعَ عربة فضائية ثقيلة عن الأرض وإطلاقها إلى الفضاء. الطائرات والسيارات والسفن والدراجات النارية ومكينات كثيرة أخرى تُسير بمحركات البنزين أو بمحركات الديزل. وبدون هذه المحركات كُنَّا نَظَلُّ نَعمدُ على قِوَانَا الذاتية أو على قِوَى الحيوانات في النَقل والصناعة. المُحركات تحول طاقة الوقود إلى حَرَكَةٍ بفعل تمدد الغاز الساخن؛ فيحرق الوقود لإحماء الغاز ويُسخَّر تمدد الغاز في تدوير المكينات. بعض المحركات مَجَهَّزٌ بمكبسٍ تتحرك حبيته ذهابًا داخل أسطوانات، وتعرف هذه بالمحركات الترددية؛ وبعض المحركات عديم المكبس.



فتحة الانقياط (العادم)

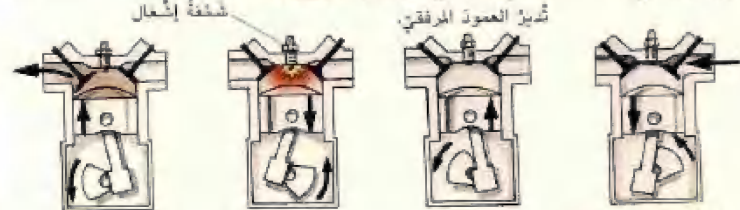
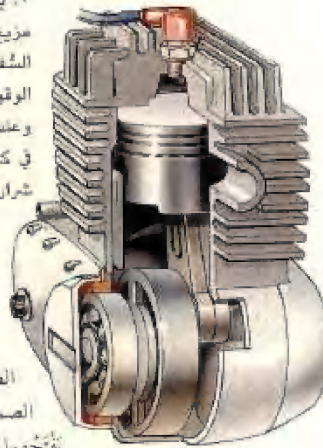


١. يصعد المكبس، سافطاً مزيج الوقود إلى القسم السفلي من المحرك وضاعفاً الوقود المتواجد في الأسطوانة. وعندما يكون المزيج الوقودي في كامل انضغاطه، تقبضه شرارة من شمعة الإشعال.
٢. يلهبط المكبس، دافعاً وقوداً جديداً إلى داخل الأسطوانة غير مُنْفَعَة الانتقال. ثم يُدْفَعُ الوقود المُشْتَبَلِكُ إلى الخارج غير مُنْفَعَة الانتقالات.



## المحرك الثنائي الشوط

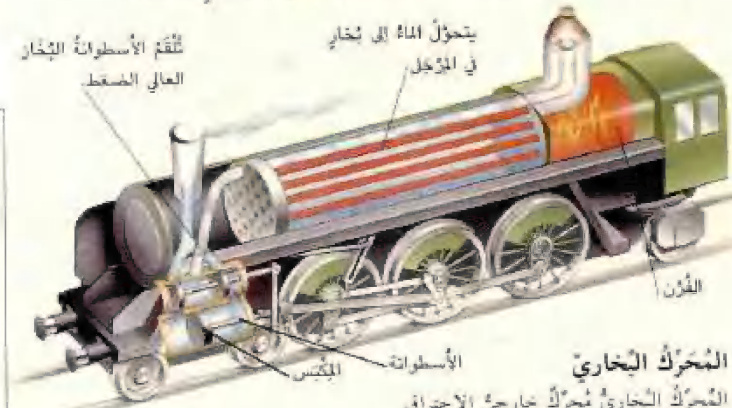
محركات الدراجات النارية ثنائية الشوط صغيرة وقوية، لكن كثيرة الضجيج. وهي عديمة الصمامات إذ بدل الصمامين هناك فتحتان في جدار الأسطوانة يُفتَحُهُمَا ويُغْلِقُهُمَا تعاقباً تحرك المكبس.



١. شوط السحب - يلهبط المكبس سافطاً مزيج الوقود والهواء غير صمام الإدخال المفتوح.
٢. شوط الانضغاط - يصعد المكبس ضاعفاً المزيج الوقودي. كلا الصمامين مغلقتان.
٣. شوط القدرة - شمعة الإشعال الفريخ؛ فيدفع الوقود المنفجر المكبس إلى أسفل بقوة.
٤. شوط الانقياط - يسهط المكبس فتحاً الوقود المُشْتَبَلِكُ غير صمام الانقياط (العادم) المفتوح.

## محرك الاحتراق الداخلي

يدعى محرك السيارة محركاً داخلياً الاحتراقي لأن الوقود يحرق داخل أسطوانة. ومعظم هذه المحركات رباعي الشواط أي ينتج قدرته في أربعة شواط للمكبس. ويتراوح عدد مكابس المحرك الواحد ما بين أربعة وثمانية، تتحرك تعاقباً ينتج قدرة خرج متواصلة.



## المحرك البخاري

المحرك البخاري محرك خارجي الاحتراق لأن الوقود فيه يحترق في فرن خارج الأسطوانة. تشرى الغازات الحامية الناتجة عن احتراق الفحم، غير المزلجل فيتحول الماء أولاً إلى بخار، ثم يُغْمَى البخار حتى يبلغ ضغطاً ودرجة حرارة عاليتين قبل غُدْوِ الأسطوانة به حيث يتمدد دافعاً المكبس يتمدده. وفي القاطرة تتسبب حركة المكبس بواسطة مجموعة من الأذرع إلى الدواليب.

## جورج ستيفنسون

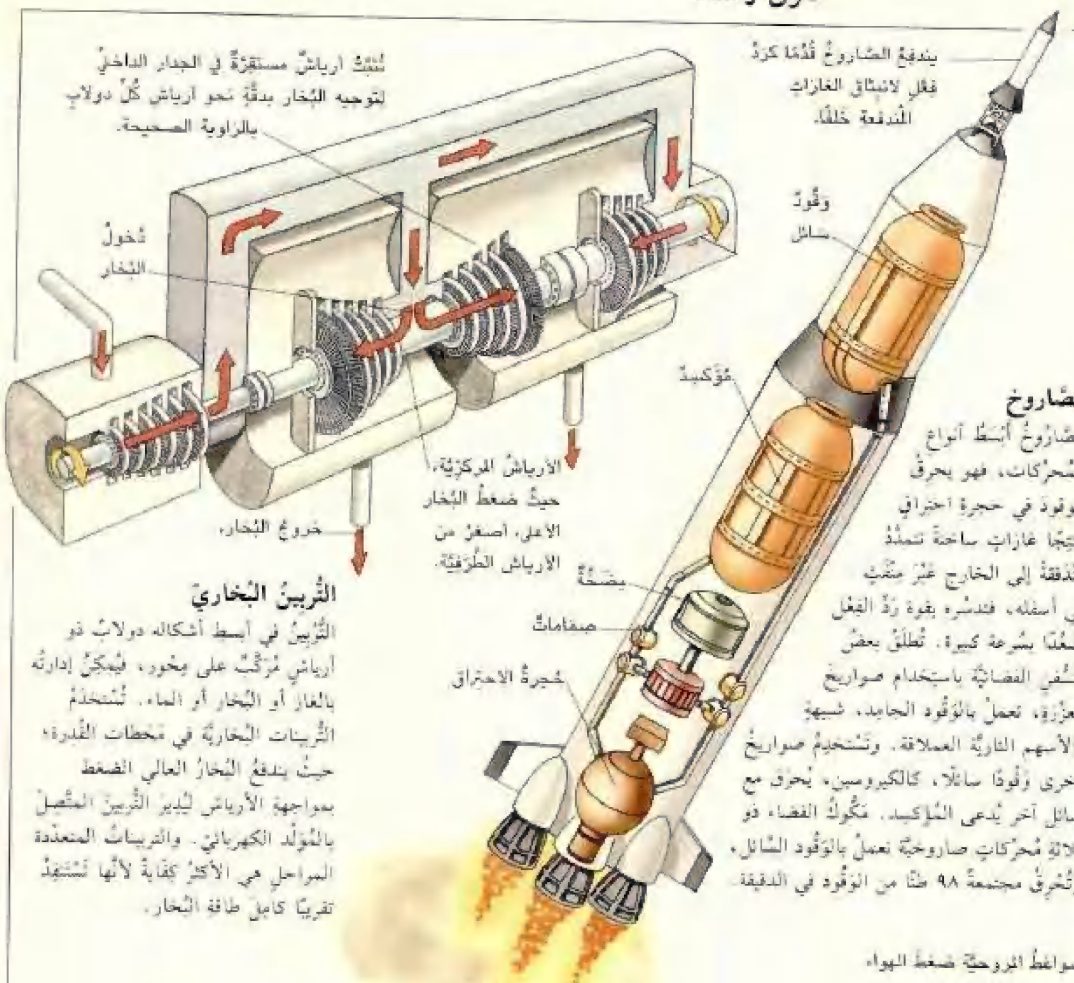
القاطرة البخارية الناجحة الأولى كانت من صنع المهندس البريطاني جورج ستيفنسون (١٧٨١-١٨٤٨). بدأ ستيفنسون حياته العملية كخبر لصيانة المحركات والبضخات في المناجم قرب نيوكاسل بإنجلترا. وفي العام ١٨٢٥، أسس مصنعاً للقاطرات حيث صنعَ وبني أول قاطرة استطاعت جر قطار للمركاب على أول سكة حديد عامة في العالم بين دارلينجتون وستوكتون. أما أشهر قاطراته المُسمَّاة «الصَّارُوخ»، فقد فازت في مُباراة عام ١٨٢٩ حيث بلغت سرعتها ٤٦ كم/سا، واستُخدمت بعدئذٍ على الخط الحديدي بين ليفربول ومانشستر.





## تطوُّر المحركات

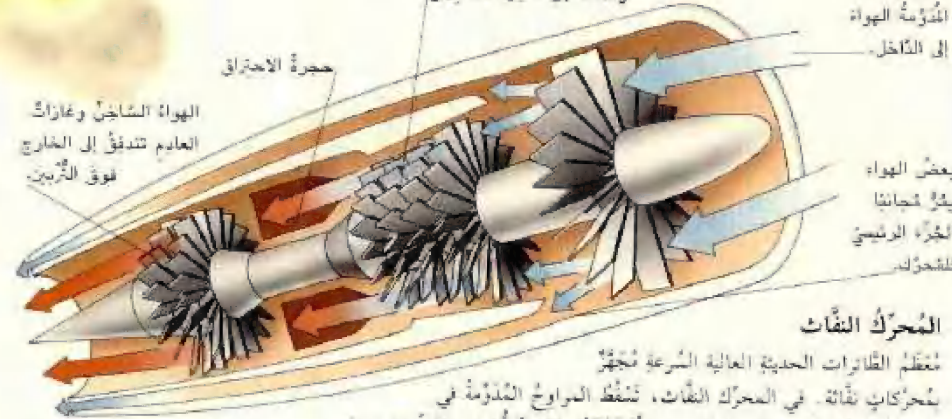
- ١٧١٢ صنع توماس نيوكومين أول محرك بخاري يستخدم أسطوانة ومكبس.
- ١٧٦٥ صنع جيمس وات محركًا بخاريًا أقوى من محرك نيوكومين بست مَرَّات.
- ١٨٠٠ صنع ريتشارد تريفيثك أول محرك بخاري عالي الضغط.
- ١٨٦٠ صنع إيثان ليونارد أول محرك داخلي الاحتراق، مستخدماً مزيجاً من غاز الفحم والهواء كوقود.
- ١٨٧٧ علّز نيقولاوس أوغو المحرك الرباعي الأشواط.
- ١٨٨٣ صنع غوتليب ديملر أول محرك بترولي.
- ١٨٨٤ صنع شارلز دارسونز أول تريبن بخاري لتوليد الكهرباء.
- ١٩٢٦ أطلق روبرت غودارد أول صاروخ بوقود دس سائل.
- ١٩٣٠ سجّل فرانك هوبيل براءة اختراع المحرك النفاث.



### التربين البخاري

التربين في أبسط أشكاله دولاب ذو أرياش مُركَّب على محور، فيمكن إدارته بالغاز أو البخار أو الماء. تُستخدم التربينات البخارية في محطات القدرة، حيث يدفع البخار العالي الضغط بمواجهة الأرياش ليدير التربين المتصل بالمولد الكهربائي. والتربينات المتعددة المراحل هي الأكثر كفاءة لأنها تستخدم تقريباً كامل طاقة البخار.

**الصاروخ**  
الصاروخ أبسط أنواع المحركات، فهو يحرق الوقود في حجرة احتراق مُتَّجِهاً غازات ساخنة تتمدد مُدْفِعةً إلى الخارج غير متَّجِبة في أسفله، فتدفعه بقوة رد الفعل مُعَدَّةً بسرعة كبيرة. تطلق بعض النُسخ الفضائية باستخدام صواريخ مُعزَّزة، تعمل بالوقود الجامد، سيئة بالأسمه التجارية العملاقة. وتستخدم صواريخ أخرى وقوداً سائلاً، كالكبروسين، يحرق مع سائل آخر يُدعى المُأكسِد. تتكوّن الفضاء ذو ثلاثة محركات صاروخية تعمل بالوقود السائل، وتُحرق مجتمعة ٩٨ طنّاً من الوقود في الدقيقة.



### المحرك النفاث

تُعظم الطائرات الحديثة العالية السرعة مُجَهَّزة بمحركات نفاثة. في المحرك النفاث، تُسحب الدوايح المُدْمَجة في مقدمة المحرك الهواء إلى داخله - حيث تضغطه مَرَّاح أخرى دافعة إياه، على ضغط عالٍ، إلى حجرة الاحتراق. وهنا يحمى الهواء بالوقود السائل المُلتَهَب، يتمدد ويتدفق نحو مؤخرة المحرك، ويطلقه العنيفة إلى الخارج، يُدوِّم تريباً يدير الدوايح في المُتَلَمَّة. في المحرك المروحي التربين، المُشَبَّه أعلاه، يسري بعض الهواء عبر مُشرب حول الجزء الرئيسي للمحرك، مُعزِّزاً كمّيات الهواء المُتدفق مما يُكثِّب المحرك دفْعاً إضافيًّا.

### الدفع النفاث

هذه السيارة الذميمة تُستخدم الدفع النفاث لتتلقى سرعة فوق أرضية العُرق. فعند فتح صمام خاص، يتدفق الهواء إلى الوراء غير رقيق البالون المربوط بالسيارة والمُعَبَّء بالهواء. دافعا السيارة إلى الأمام.



### فرانك هوبيل

المهندس وطيار الاختيار الإنكليزي فرانك هوبيل (المولود عام ١٩٠٧)

اختراع المحرك النفاث عام ١٩٢٩. وقد حاول عبثاً إقناع وزارة الطيران البريطانية بفاعلية محركه؛ فما كان منه إلا أن أسس شركته الخاصة لتصنيع المحرك الجديد. وبالفعل تم له صنع أول محرك نفاث واختباره على الأرض سنة ١٩٣٧. وفي العام ١٩٤١، حققت طائرة اختيارية أول طيران لها بمحرك هوبيل.

#### لمزيد من المعلومات انظر

- شلوك الغازات ص ٥١
- القوى والحركة ص ١٣٠
- الشغل والطاقة ص ١٣٢
- مصادر الطاقة ص ١٣٤
- المحركات الكهربائية ص ١٥٨
- الصاروخ ص ٢٩٩



# الكهرباء والمغناطيسية

الكهرباء، ترافقها المغناطيسية غالباً، أصبحت ضرورة يومية في مختلف مجالات العمل والحياة حولنا؛ وهي في الواقع غيرت نمط حياتنا بالكامل. المولدات تولّد الكهرباء من حركة ولفاتها في مجال مغناطيسي، فتوفّر لنا الحرارة والنور بضغطه زرّ. والمُحرّكات الكهربيّة تحوّل التأثيرات الكهربائيّة في مجالات مغناطيسيّة إلى حركة تُدير لنا المكاتب من مثاقب وغسّالات وآلات مُختلفة بجهد قليل منا. والإلكترونيات بمُقوماتها التحكميّة تُيسّر لنا استخدام الكهرباء والمغناطيسية (الكهرمغنيطية) بأشكالٍ متعدّدة في تقنيّات الراديو والرادار والحواسيب



## الإلكترونيات في العناية الفائقة

العرض الذي يُعانون من على خطرة يحتاجون غالباً إلى مُراقبة مُستمرّة في المستشفى. وبدلاً من مُرصّات بلازِمَ أسيرة هؤلاء، نستخدم المُعدّات الإلكترونيّة لمراقبة أوضاعهم. فإذا حَدَثَ تيّدٌ خطيرٌ في معدّل تنفّس المريض أو خفقان قلبه، تطلق تلك الأجهزة تنبيهاً لاستدعاء الممرضات والأطباء لمعالجة ذلك.

## طاقة مُتعدّدة الاستعمالات

تولّد الكهرباء وتُقلّ بسهولة إلى حيث يُحتاج إليها، لتُحوّل إلى أشكالٍ أخرى من الطاقة. ففي مُكبّر مثلاً، تُحوّل البرودة الكهربائيّة إلى حركة، كما تُحوّل ضمجة المصباح الكهربائي إلى ضوء. وتُحوّل جهاز التّلفون الكهربائي إلى أصوات، كما يُحوّل أيضاً الأصوات إلى كهرباء. أما الحاسوب فيُحوّل المورد المُطرّد من الكهرباء إلى نبضات تُنفّذ وظائفه.

مُؤرث الضمجات الكهربائيّة منذ استُخدمت أوّل مرّة أواخر القرن التاسع عشر، فأصبحت اليوم أكثر عُشوقيّة وكفاءة.



حتى مُتّصف السبعينيّات من القرن العشرين، لم يشاهد الحاسوب إلا فئة من الناس. أمّا اليوم، فالحواسيبُ سالوةٌ وفُتترة في كل مكان تقريباً. مبادئ الحوسبة كانت قد وضعت منذ أكثر من ١٥٠ سنة؛ لكنّه كان من غير المُمكن صنع الحواسيب الإلكترونيّة وجعلها في متناول الجميع قبل جفوي الدارات المُعدّدة صغيرة بما فيه الكفاية.

شُتاهم الكهربائي توفير وسائل الراحة في محيطنا. فالمُحرّك في مروحة كهربائيّة يُؤمّر أرياشها لتشتت تياراً هوائياً وتُجفّد الهواء.



## حجر المغنطيس

حجر المغنطيس شُعدن طبيعيّ المُعدّة، وهو شكل من خام الحديد المعروف بالمغنتيت (أكسيد الحديد البُغطيّ). تتعلّق برادة الحديد بالقرب من حجر المغنطيس فتجذب إليه وتلتصق به. وقد استخدم بعض الملاحين القدماء القطعة المشكّلة من هذا المعدن مُعلّقة من طرف خيط، كيوصله.

جهاز التّلفون الحديث يؤدّي عمل الهاتف العاديّ إضافة إلى ذاكرة إلكترونيّة، تختزن أرقاماً تلوّنيّة عديدة، تُمكننا من طلب أيّ منها بكبسة زرّ.

خاسنة الخشب الحديث الرخيصة كانت ستدوين القلماء في طلع الخسبيّات من هذا القرن، فلصنع حاسبة تقوم بعملها حينئذ كان يقتضي استخدام حِسابات ومُقرّبات ضخمة، تملأ غرفة بكاملها.



## الكهرباء قديماً

حوالي العام ٦٠٠ ق.م. اكتشف الفيلسوف الإغريقي طاليس أنّ حثّ قطعة من الكهرمان بقطعة قماش يجعل الرّيش والأجسام الخفيفة الأخرى تجذب إليها وتلتصق بها. ولحقّ نعلم اليوم أنّ كهرمان طاليس كانت قد شجّت كهربائيّاً بالاحتكاك. وحليّ بالذّكر أنّ كلمة «كهرباء» مُشتقة من الكلمة اليونانيّة للكهرمان - وهي الإلكترول.

## المغناطيس الحديثة

بعد تعرّف الطبيعة البُغطيّة، صار من المُمكن صنع مغناطيس قويّة من السُّلّاد بأشكالٍ مُتّوّعة تُصنع أفضل المغناطيس من سبائك فولاذيّة مُصنّعة خصيصاً لحفظ بُغطيّتها.



الدبابيس الفولاذيّة تتنمّط مؤقّتاً بالمغنطيس فيلتصقها.



## «الكهربيات» و«اللاكهربيات»

قام وليّام جيلبرت (١٥٤٤-١٦٠٣) بأعمال بارزة في حقليّ المغنطيسية والكهرباء. فقد بيّن أنّ الأرض لا يُدّ أن تكون مغناطيسيّة ضخمة تميّز في توجيه البوصلات. كما أدرك الفرق بين المُوصّلات والعازلات الكهربائيّة وأسماها «الكهربيات» و«اللاكهربيات».



# الكهربائية الساكنة

## الحث الإلكتروني (الكهروستاتي)



إذا دَلَّكَتَ ولعقة لدائنية على ثيابك تُكسبها شحنة كهربائية سالبة - قُرب اللمعة المشحونة من قِبال ماء الصنبور، ولاحظ أن حُرُاف قِبال الماء - نحو اللمعة! إنَّ الشُّحَنات السَّالِبة على اللمعة تُشجِّعُ مَسَّالَ الماء بالتأثير مُنافِرة الشُّحَنات السَّالِبة في الجَانِب المُقَابِل لَهَا، جَاعِلَةً إِيَّاه مُوجِبَةً الشُّحَنَة، فينجذب نحوها - في حين يُصْبِحُ جَانِبُ المَسَّالِ الأبعد سَالِبَ الشُّحَنَة، وتُدعى هذه الظاهرة الحث الإلكتروني.

الشُّحَنَات المُتَّحِدَةُ على اللمعة بالذَّكَ تُشجِّعُ مَسَّالَ الماء بالتأثير، فيبتعدان.

الفرقة التي تسمُّعها أحياناً عندما تخلع كُنْزَتَكَ سَحَبِهَا عَبرَ رَأْسِكَ هي تَفْرِيعُ كَهْرِبَائِيٍّ مِنَ الكَهْرِبَائِيَّةِ السَّائِكَةِ؛ وإذا كُنْتَ فِي ظِلْمَةٍ فَقَدْ يُمَكِّنُكَ مُشَاهَدَةُ وَمُضَاتِ التَفْرِيعِ أَيْضاً، الكَهْرِبَائِيَّةُ السَّائِكَةُ كَهْرِبَاءُ احْتِكَائِيَّةٍ غَيْرِ سَارِيَةٍ، والفرقات والزُمُضَاتُ هي تَفْرِيعُ كَهْرِبَائِيٍّ قُجَانِيٍّ الانْتِلاقِ. أحياناً تُحسُّ بِصَدْعَةٍ كَهْرِبَائِيَّةٍ عِنْدَ لَمَسِ كُغْبَرَةِ البَابِ لِأَنَّ الكَهْرِبَائِيَّةَ السَّائِكَةَ المُتْرَاكِمَةَ فِي جَسَدِكَ تَنْطَلِقُ فَجَاءَةً مِنْ يَدِكَ إِلَى الكُغْبَرَةِ. والبرق هو تَفْرِيعُ كَهْرِبَائِيٍّ ضَخْمٍ بَيْنَ سَحَابَتَيْنِ أَوْ بَيْنَ سَحَابَةٍ وَالْأَرْضِ. والكَهْرِبَائِيَّةُ السَّائِكَةُ تَتَحَدُّ بِالاحتكاك عند ذلك أو احتكاك مادتين مُخْتَلِفَتَيْنِ مَعاً.

إذا دَلَّكَتَ بِالْوَلَدِ بِكَفِّهِ، فإنه يميل إلى الالتصاق بها، لأنَّ الدَّلَّكَ يُكْسِبُهُ قُلَّةً مِنْهُمَا شِحنة مُضَادَّة.



## الشحن بالاحتكاك

تتألف جميع الأجسام من ذرات، وتتألف كل ذرة من عدد متساوي من الإلكترونات السالبة الشحنة والبروتونات الموجبة الشحنة. وهذه الشحنات توازن بعضها بعضاً تماماً، مما يجعل الأجسام متعادلة (أي غير مشحونة). لكن بالاحتكاك، كذلك البالون بالكترة، تنقل الإلكترونات من الكترة إلى البالون، فيصبح البالون سالب الشحنة لأن الإلكترونات فيه صارت أكثر من البروتونات؛ كما تصبح الكترة موجبة الشحنة لأن البروتونات فيها أكثر من الإلكترونات.



شُجِّلَ هَذَانِ الْبَالُونَانِ بِشِحنَاتٍ مُتَعَادِلَةٍ بِالذَّكَ عَلَى الْكُتْرَةِ.

## الشافر

البالونان المشحونان والشعلاقان يجتبا إلى جنبه، بقرني حيلين، من القطعة ذاتها يتنافران لأن كليهما سالب الشحنة، وهذا إذا كانتا متعادلتين بتدليان متلازمين واحدهما بالآخر.

## التجاذب

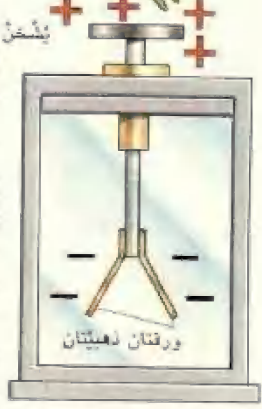
البالون المشحون بالذَّكَ يجذب إليه قِصاصات الورق الصغيرة، إنَّ شِحنَاتِ الْبَالُونِ السَّالِبة تُجاذِبُ الشُّحَنَاتِ السَّالِبة على الجزء الأقرب إليها من الورقة (لأنَّ الشُّحَنَاتِ المُتَعَادِلَةَ تَتنافَرُ)، فيصْبِحُ هَذَا الْجُزْءُ مِنَ الْقِصَاصَاتِ مُوجِبَةً الشُّحَنَة، وينجذب إلى البالون لأنَّ الشُّحَنَاتِ المُتَعَادِلَةَ تَتجاذِبُ.



يُشجِّعُ الْمِسَّطُ بِشِحنَاتِ سَّالِبةٍ عِنْدَ سَرِيعِ الشُّفْرِ فَإِذَا قُوبَ إِلَى الْفُرْصِ الْمَعْدِي لِلْمِكَشَافِ الْكَهْرِبَائِي، يُتَأَثَّرُ الشُّحَنَاتِ السَّالِبةُ فِيهِ بِاتِّجَاهِ الْوَرَقَتَيْنِ الذَّهَبِيَّتَيْنِ، فتنفجران.

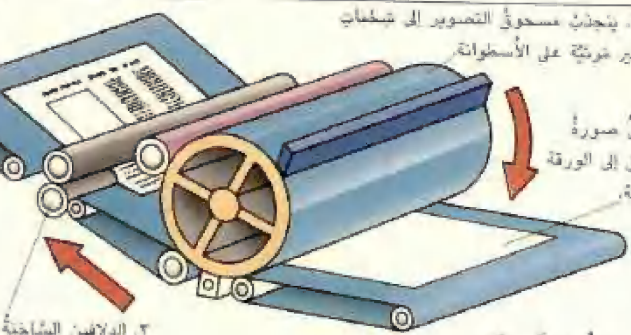
## الميكشاف الكهربائي

يُجِبُّ الْمِكَشَافُ الْكَهْرِبَائِي ذُو الْوَرَقَتَيْنِ الذَّهَبِيَّتَيْنِ مَا إِذَا كَانَ الْجِسْمُ مُشْحُونًا أَوْ غَيْرَ مُشْحُونٍ، فَإِذَا قُرِئَتْ جِسْمًا مُشْحُونًا إِلَى قُرْصِ الْمِكَشَافِ الْمَعْدِي، تَكْتَسِبُ الْوَرَقَتَانِ الذَّهَبِيَّتَانِ شِحنَاتٍ مُتَعَادِلَةً بِالْحِثِّ. وَلَمَّا كَانَتِ الشُّحَنَاتُ الْمُسْتَعَادِلَةُ تَتنافَرُ، فَإِنَّ وَرَقَتَي الْمِكَشَافِ تَفْرُجَانِ. وَحَيْثُ إِنَّ الْوَرَقَتَيْنِ الذَّهَبِيَّتَيْنِ وَفِيقَتَانِ جَدًّا وَخَفِيفَتَانِ فَإِنَّ الْمِكَشَافَ الْكَهْرِبَائِي شَدِيدَ الْحَاسِيَةِ.



١. ينجذب مسحوق التصوير إلى شِحنَاتِ غَيْرِ شَرِيطَةٍ عَلَى الْأَسْطُوَانَةِ.

٢. تَنْتَقِلُ صُورَةُ الْمَسْحُوقِ إِلَى الْوَرَقَةِ الْمَشْحُونَةِ.



٣. الدلائل الشاحنة تصور المسحوق وتُصَفِّقُ بِالْوَرَقِ.



## الناسخة الضوئية

الكثير من الناسخات الضوئية يستخدم الكهرباء الساكنة، إذ تتكون صورة الأصل كشحنات موجبة غير مرئية على أسطوانة كبيرة داخل المكنة. هذه الشحنات تجذب جسيمات دقيقة من مسحوق التصوير مكونة صورة مرئية على الأسطوانة. ثم ينقل مسحوق التصوير إلى الورقة المشحونة كهربائياً أثناء مرورها حول الأسطوانة. وتعمل الدلائل الشاحنة على صهر مسحوق التصوير ولصقه بالورقة كصورة ثابتة.



## الشحنات

### داخل السحب

تُسحب الجسيمات الجليدية المدبومة في السحب في أعالي الجو بالكهربائية الساكنة فيصبح أعلى السحابة موجب الشحنة وأسفلها سالب الشحنة. ويحصل التفريغ البرقضي أحياناً داخل السحابة لمعادلة الشحنات مُجدداً.

تكتسب الجسيمات الأصغر الموجبة الشحنة إلى أعلى.

تتراكم الجسيمات الأثقل السالبة الشحنة في أسفل السحابة.

قضية مانعة الصواعق مستوحاة الرأس، وطرفه السفلي متصلة بالأرض بموصل مبلكن.

الشحنات السالبة في أسفل السحابة تستجيب بالتأثير شحنات موجبة على سطح الأرض تحتها.

تضيق من التحاس الأصفر متصل بالسلسلة المماسة للبطانة المعدنية الداخلية.

سدان فليتين

مُرطبان رُجاجي

### كيف تضرب الصاعقة؟

إذا كانت شحنات السحب قوية بما فيه الكفاية، فإنها تنشق لها ممراً غير الهواء إلى الأرض وتفرغ كوميس برقي. وتؤثر المباني العالية والأشجار والناس في الأماكن المكتوفة ساراً أسهل للتفريغ الكهربائي، فتستهدفها الصواعق.

بطانة فلزية داخلية.

تغليف رقائقي فلزي.

### وعاء لين

دارسو الكهرباء الأوائل اختزنوها أحياناً في ما يُسمى وعاء لين - (باسم المدينة الهولندية حيث استخدم لأول مرة عام 1745). ويتألف وعاء لين إجمالاً من مُرطبان رُجاجي مُغطى من الداخل والخارج برفاق القصدير بحيث يمكن تخزين شحنة كهربائية على صفيحتي القصدير الرقيقتين. ويُحصل قضيب معدني بالبطانة الداخلية لتفريغ الشحنة عند اللزوم. وعاء لين هذا هو شكل قديم من المكثفات.

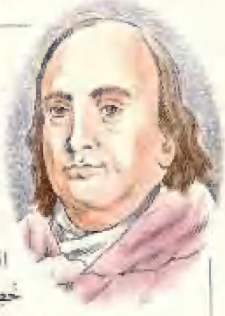


### الشرارات العملاقة

الوميض البرقضي المُنتعَب المُنبعث غير الحرارة جملة تقع بين سحابتين أو بين سحابة والأرض. وبالإضافة إلى ابتعاثه نوراً ساطعاً جداً، فالتفريغ البرقي يُولد حرارة عالية جداً تسخن الهواء المحيط فينتفخ بسرعة فائقة، مُحدثاً انفجاراً عظيماً هو الرعد.

### بنجامين فرانكلين

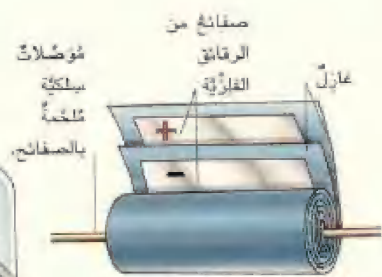
بين المُختَرع بنجامين فرانكلين (1706-1790) التأثير السياسي والعالم الأمريكي، العلاقة بين البرق والكهرباء بتجربة خطيرة جداً. ففي العام 1752، طير فرانكلين طائرة ورقية في أثناء عاصفٍ رعدية. فسرت الكهرباء غير خط الطائرة المُبتل إلى مفتاح معدني كان في الطرف الآخر للخط. وعندما قربت فرانكلين أصبعه من المفتاح، ففرت شرارة غير المُفجوة بينهما. فاستنتج أن كهربائية السحب هي التي سببت الشرارة. وأن التفريغ البرقي هو نوع من الشرر. وفي العام 1753، أعلن اختراعه قضيب مانعة الصواعق.



الشرارة. وفي العام 1753، أعلن اختراعه قضيب مانعة الصواعق.

### مانعة الصواعق

يُنصب على الشطح في مُعظم المباني العالية قضيب يُسمى مانعة الصواعق يُتصل بالأرض بموصل مبلكن. الشحنات السالبة في أسفل السحابة المُتفجرة تجتذب الشحنات الموجبة من الأرض، فتندفع هذه الشحنات على جزيئات الهواء مُعزداً إلى السحب حيث يُتطلّ مفعول بعض الشحنات السالبة في السحابة. وقد يُنتج ذلك حدوث الصاعقة. وإذا لم يكن ذلك كافياً وحصل التفريغ البرقي فإن الكهرباء تسري عبر القضيب والموصل الشكني إلى الأرض دون إحداث أضرار.



### المكثفات

تُستخدم المكثفات الشحونة لتخزين الشحنات الكهربائية في الأجهزة الإلكترونية كالتلفزيونات والحواسيب. فالمكثفات الكهربائية الصغيرة الأمد مثلاً، تُخزن في المكثف بحيث يمكن أبتعاث تيار مُستمر منه. وفي بعض المكثفات، تُحصل صقائغ الرقائق الفلزية داخلها بعضها عن بعض بلدان رقيقة، ثم تُلف جميعها وتُسَد بإحكام.

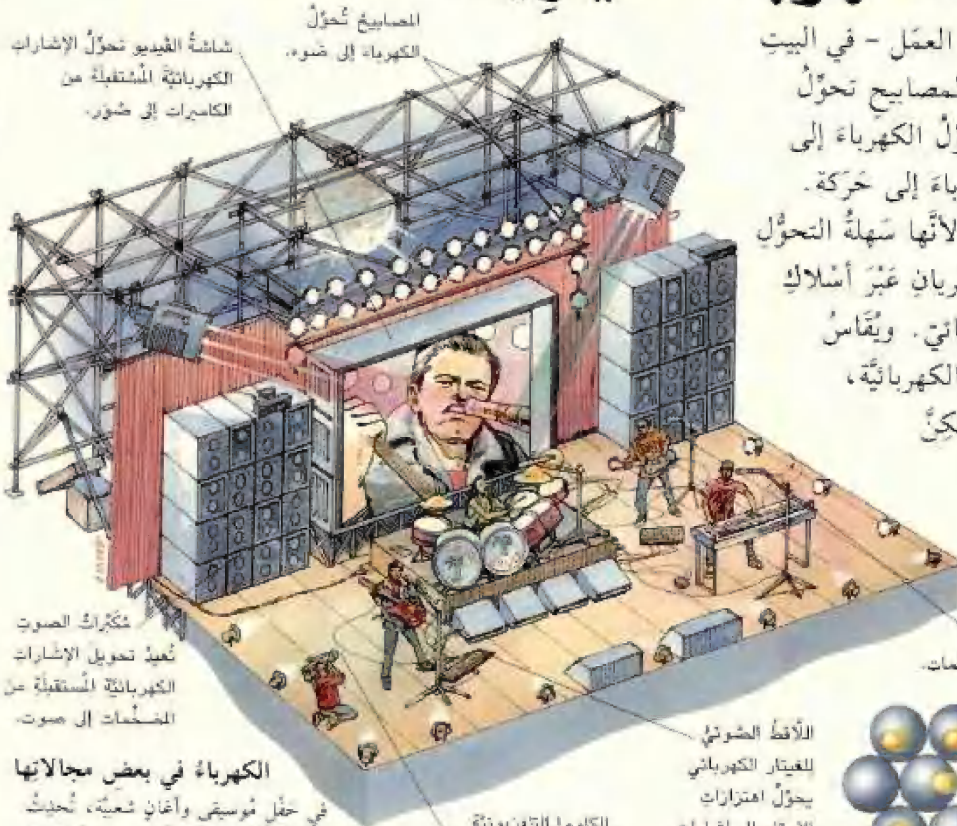
### لمزيد من المعلومات انظر

- البينة الذرية ص 25
- الكهرباء الثابتة ص 148
- مُغزومات إلكترونية ص 168
- الرعد والبرق ص 257



# الكهرباء التيارية

حيثما تذهب تَر الكهرباء التَّيارية في مجالات العمل - في البيت والشارع والمصنع وحيثما كان. صُمِّجَت المصابيح تحوُّل الكهرباء إلى ضوء، والمواقِد الكهربائية تحوُّل الكهرباء إلى حرارة، والمُحرِّكات الكهربائية تحوُّل الكهرباء إلى حركة. الكهرباء من أوسع أشكال الطاقة استخداماً لأنها سهلة التحوُّل إلى أشكال الطاقة الأخرى؛ ولأنها آتية السَّريان عَبْر أسلاك التوصيل إلى حيث يُحتاج إليها، كتيار كهربائي. ويُقاس سريان الكهرباء بوحدة الأمبير. التيارات الكهربائية، في معظمها، تتألف من إلكترونات دافقة، لكن بعضاً منها يتألف من أنواع أخرى من الجسيمات المشحونة، تُدعى أيونات.



المصابيح تحوُّل الكهرباء إلى ضوء.  
شاشة الفيديو تحوُّل الإشارات الكهربائية المُستقبلة من الكاميرات إلى مشور.

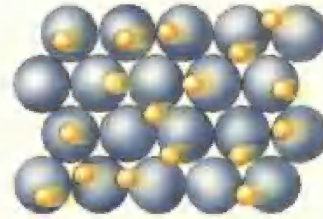
الميكروفون يحوّل الأصوات إلى إشارات كهربائية تُرسل إلى المضخمات.

## الكهرباء في بعض مجالاتها

في حفل موسيقي وأغانٍ شعبية، تُحيث الأجهز الكهربائية مؤثرات ضوئية أخاذة وأصواتاً عالية. ويستطيع المتفرجون العيرون جداً من المسرح مشاهدة الموسيقيين وسماع المُعَبَّن غير شاشات ضخمة ومكروفونات منتشرة في ساحة المسرح.

الكاميرا التلفزيونية تحوّل الصور إلى إشارات كهربائية.

الأقطاب المشوَّمة للغيثار الكهربائي يحوّل اهتزازات الأوتار إلى إشارات كهربائية ويرسلها إلى المُضخِّم.

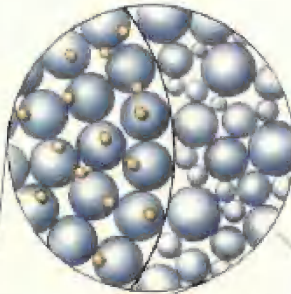


## الإلكترونات الطليقة

تسري الكهرباء غير مُلزِة، كالتحاس، لأنّ الفلزّ يحتوي إلكترونات طليقة تستطيع الانتقال من قِرة إلى أخرى.

## الموصلات والعوازل

تُدعى الأسلاك النحاسية في الكتلات الكهربائية موصلات، لأنها توصل التيار الكهربائي أي تُسمح له بالمرور عَبْرها. وتُغلّف الأسلاك النحاسية بمادة لَدائِيَّة عازلة، غير مُوصلة للكهرباء، لأنها لا تحوّل الإلكترونات طليقة. العوازل تمنع الكهرباء من السَّريان حيث لا نريدُها.



في العوازل تبقى جميع الإلكترونات مشدودة إلى ذراتها؛ لذا لا تستطيع الكهرباء السَّريان عَبْرها.

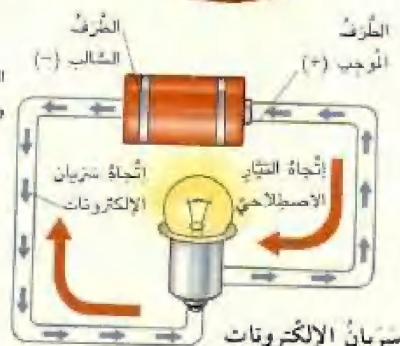
## دائرة الكُّلِّ البليّ ج. بليّة

يُمكِنك تمثيل كيفية سريان التيار الكهربائي باستخدام دائرة من الكُّلِّ الشمّاسة. فإذا قفّت إحداها، ترى أنّ جميع الكُّلِّ تتحرّك آلياً، عاكلة الأخيرة في الحلقة تتحرّك حالما تمسّ الكُّلة الأولى. وبالتّالي تدفع الإلكترونات عَبْر الأسلاك في دائرة كهربائية، بطريقة مُتتالية، لإحداث تيار كهربائي.



الكُّولُ العلويّة العارية تُغلّق وتُدغم باستخدام العوازل.

الكُّولُ وأدراج التوصيل تُوصّل الكهرباء.



## سريان الإلكترونات

يعتقد العلماء سالفاً أنّ الكهرباء في دائرة بطارية مثلاً، تسري من الطرف الموجب للطارية إلى طرفها السالب. ووُضعت قواعد عملية مفيدة تُطبق لهذا المفهوم. لذا نَظَّلُ نَبيْل اتجاه التيار هكذا، ونسميه التيار الاصطلاحي. والواقع أنّ الإلكترونات تسري من طرف البطارية السالب إلى طرفها الموجب.

## الإمدادُ العلويّ

بعض القطارات الكهربائية يلتقط الكهرباء بأدراج تتزلّز عَبْر كِلَات مُعلّقة فوق سِككِها. ولتحقيق التماس الكهربائي بين ذراع التوصيل والكُّلِّ، تمّ سري التيار إلى مُحرك القطار، بحيث أن يكون الكُّلِّ عارياً (أي غير معزول). ولا بُد من تعليق هذه الكُّولِ العلوية على عوازل لمنع تبيد الكهرباء وإبعاد خطرُها. فالموصلات والعوازل، كما ترى، تُستخدم معاً لتجعل استخدام الكهرباء آمناً وعالي الكفاءة.





## شارلز أوغستين كولوم

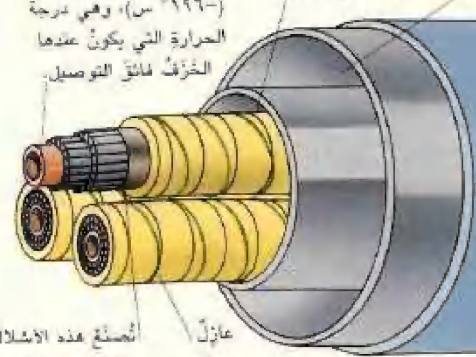
كولوم (1736-1806) فيزيائي ومهندس فرنسي اشتهر بأبحاثه في الاحتكاك والمغناطيسية والكهرباء. اخترع كولوم آلات حساسة لقياس القوى بين المغناطيسات كما بين الشحنات الكهربائية. وسُميت وحدة الكولوم لقياس كمية الكهرباء باسمه. وهي كمية الكهرباء الشارية عبر نقطة في دائرة يمر فيها تيار مقداره أمبير في ثانية.



يشري التزويج المشاتل عازل الأنبوب الحاسي يلتقي الأسلاك على درجة حرارة ٢٧° ك (١٩٦- س)، وهي درجة الحرارة التي يكون عندها الخزف طائף التوصيل.

يُقيس الفراغ درجة الحرارة الحقيقية

يشري التزويج المشاتل حول الموصلات الثلاثة



عازل ورقي  
أصنع هذه الأسلاك الفائقة التوصيل من خراف خاص مغلف بالفضة

الغلاف الخارجي والأنبوب الفولاذي يقيان جميع الأسلاك داخلهما.

## كَبُولُ فائقة التوصيل

المادة الجيدة التوصيل للكهرباء شبيهة المقاومة لتيار التيار. وفي فلزات معينة كالفضة والبرصاء، وبعض الخزفيات، تقارب هذه المقاومة الصفر عندما تبرد هذه المواد إلى درجة حرارة منخفضة جدًا، تصبح المواد فائقة التوصيل (أي كاملة التوصيل تقريبًا). والكَبُولُ المفرطة التوصيل ينالته إنتل الكهرباء، لأن تبيد القدرة فيها لا يكاد يذكر، لكنها باهظة التكلفة عمليًا لأنها تتطلب على الدوام تبريدًا شديدًا بالتزويج أو الهيليوم السائلين. وتجرى التجارب حاليًا لإيجاد موصلات فائقة التوصيل تعمل على درجة حرارة أعلى.



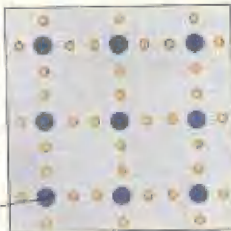
## ألكنس موللر

المشكلة الرئيسية في الموصلات الفائقة التوصيل هي ضرورة حفظها على درجة حرارة تقارب الصفر المطلق (صفر كلفن أي - ٢٧٣° س)، وهذه أخفض درجة حرارة ممكنة.

لكن الفيزيائي السويسري، ألكنس موللر (المولود عام ١٩٣٧)، ومساعدته جورج بندورز (المولود عام ١٩٥٠)، اكتشفا أن مادة خزفية من أكسيد النحاس، تحوي الباريوم والتيتانيوم، تفقد فائقة التوصيل على درجة ٣٥° ك (- ٢٣٨° س). وقد نال بذلك جائزة نوبل للفيزياء عام ١٩٨٧. وفي العام ١٩٨٨، توصل آخرون إلى تصنيع مادة خزفية فائقة التوصيل على درجة ١٢٣° ك (- ١٥٠° س). لكن لم توصل بعد أخذ إلى صنع موصل فائق يعمل على درجة حرارة الغرفة.

## السليكون النقي

يوجد أربع إلكترونات في الغلاف الخارجي للذرة من السليكون النقي. وتعاود هذه (كما الإلكترونات الأخرى) شحنات موجبة مساوية في قوة الذرة، لذا فذرة السليكون كمجموع متعادلة.



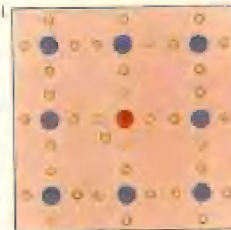
## شبه موصل من النمط-م

يوجد ثلاثة إلكترونات في الغلاف الخارجي للذرة البورون، فإذا أُضيف إلى السليكون كميات قليلة من البورون، تترك هذه الإضافة تفرقًا أو شعرات إلكترونات تجعل المادة موجبة وشبه موصله موجبة النمط (النمط-م).



## شبه موصل من النمط-س

يوجد في الغلاف الخارجي للذرة من الزرنيخ أو الفسفور خمسة إلكترونات. فإذا أُضيف بمقدار ضئيل من أي منهما إلى السليكون، تجلب هذه الإضافة إليه إلكترونات طليقة تجعله شبه موصل سالب النمط (النمط-س).



## شبه الموصلات

المواد الغير جيدة التوصيل للكهرباء تدعى شبه موصلات أو أشباه فلزات. وهي تُستخدم للتحكم في التيار في الأجهزة الإلكترونية. وأكثر هذه المواد استخدامًا هو السليكون المشاب بكثافات قليلة من الزرنيخ أو الفسفور أو البورون لتغيير خواصه الكهربائية وجعله شبه موصل سالب النمط (نمط-س) أو موجب النمط (نمط-م). في شبه الموصلات من النمط-س، الإلكترونات الطليقة هي التي تحمل التيار، أما في شبه الموصلات من النمط-م فتحملة الثقوب. تُستخدم شبه الموصلات في صنع النابضات الإلكترونية، كالرقائق (أو الجذافات) السليكونية للحواسيب.

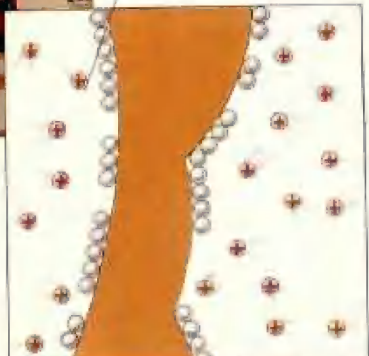
بذرة من السليكون النقي

الأيونات الموجبة الشحنة تجذب إلى الفلز السالب الشحنة.



## الطلاء الكهربائي

الوواح الدارة المتبلوعة، المشبعة أغلاء، كانت قد عُبرت في محلول من كبريتات النحاس، ثم مُررت الكهرباء عبر المحلول في دائرة وصلت الألواح فيها بالكاثود لجذب أيونات النحاس التي ترسبت عليها مكونة المسارات النحاسية.



## الكهرباء والأيونات

يسري التيار في بعض المتحالي، لا كإلكترونات بل كجسيمات مشحونة تدعى أيونات. والطلاء الكهربائي تطبيق عملي على ذلك لتغطية جسم ما بطبقة فلزية. فيوصل الجسم المراد طلاؤه بالعرب السالب للمصدر الكهربائي لجعله الإلكترون السالب الذي يجذب إليه الأيونات الموجبة الشحنة (من فضة أو نحاس أو نحاسين) فينقلها بها.

## لزيد من المعلومات انظر

- خصائص المادة ص ٢٢
- البنية الذرية ص ٢٤
- أشياء الفلزات ص ٣٩
- التكثيف (التحليل بالكهرباء) ص ٦٧
- الخلايا والبطاريات ص ١٥٠
- مقومات إلكترونية ص ١٦٨
- حقائق ومعلومات ص ٤١٠



# الخلايا والبطاريات

## داخل الخلية

تتألف الخلية النموذجية من أجزاء رئيسية ثلاثة هي: الإلكترود (أو القطب) السالب، الإلكترود (أو القطب) الموجب، والكهرل هو مادة كيميائية أو مزيج من الكيمائيات السائلة أو المعجونية الرخوة القوام الموصلة للكهرباء. لأن مقوماتها تتفكك إلى مجموعات من الذرات المشحونة تدعى أيونات. وتسبب التفاعلات الكيميائية التي تجري داخل الخلية في سريان الإلكترونات من الإلكترود السالب إلى البيطة المشحونة ثم عوداً عبر الإلكترود الموجب.

## خلية أكسيد الزئبق

الكثير من الساعات الإلكترونية يعمل بواحدة من خلايا أكسيد الزئبق. وتوفر الخلية من هذا النوع جهداً أو قوتاً مقداره ١.٣٥ فولت لفترة طويلة.

الحجم الحقيقي



النبائط العاملة بالبطاريات كثيرة، كالراديوات والمصابيح والدمى والساعات وغيرها، وهي تتطلب أشكالاً وأحجاماً مختلفة من البطاريات. بعض البطاريات صغير، بحجم قرص الدواء، وبعضها الآخر ثقل لا يمكنك حمله. لكنها، في معظمها، تشترك في خاصية مهمة هي قدرتها على اختزان طاقة كيميائية وتحويلها إلى طاقة كهربائية. والخلية الكهربائية هي الوحدة الأساسية المولدة للكهرباء؛ وتتألف البطارية من مجموع اثنين أو أكثر منها. غير أننا نستخدم كلمة بطارية أيضاً عندما نتحدث عن خلية واحدة كالخلية الجافة، أو الخلية القوية الصغيرة في ساعة مثلاً. الخلايا «تضخ» الإلكترونات عبر الموصلات كما المضخات السوائل عبر الأنابيب.

## خلية النيكل والكادميوم

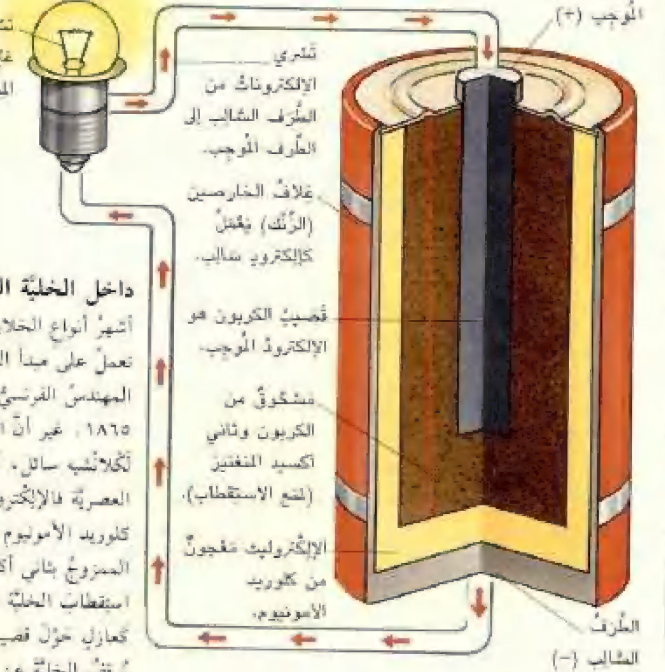
خلية النيكل والكادميوم، بخلاف سائر الخلايا الجافة المألوفة، يمكن إعادة شحنها وتصبح تكلفة دُمى البطاريات العاملة بها أقل بكثير.



الحجم الحقيقي



تشري الكهربية غير تضيئة المصباح فتتوقف.



## داخل الخلية الجافة

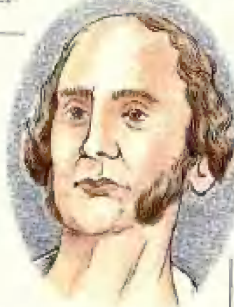
أشهر أنواع الخلايا هي الخلية الجافة التي تعمل على مبدأ الخلية التي اخترعها المهندس الفرنسي جورج لڤلانسي عام ١٨٦٥. غير أن الإلكتروليت في خلية لڤلانسي سائل، أما في الخلايا الجافة العصرية فالإلكتروليت معجون رطب من كلوريد الأمونيوم، المسحوق الكربوني الممزوج بشاي أكسيد المنغنيز يمنع استقطاب الخلية - أي تجمع الهيدروجين كغاز حول قضيب الكربون فيها - مما يوقف الخلية عن العمل.

## البطاريات (أعمدة الخلايا) الجافة

تستخدم البطاريات الجافة العادية في معظم المشاعل ومصابيح الخشب الكهربائية، وتتألف الإلكتروليت فيها من كلوريد الأمونيوم؛ لكن الخلايا الأقوى ثباتاً تستخدم كلوريد الخارصين. أما الخلايا القوية ذات التيار الأشد والتي تدوم لفترات أطول، فتستخدم هيدروكسيد البوتاسيوم كإلكتروليت.

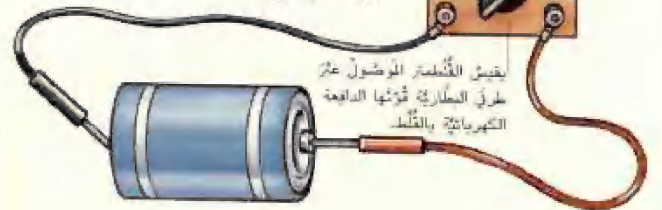
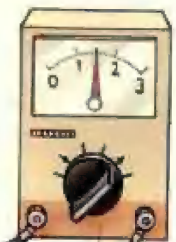
## ألساندرو فولتا

اخترع الكولت الإيطالي ألساندرو فولتا (١٧٤٥-١٨٢٧) أول بطارية. تألفت الخلية الواحدة في بطارية فولتا من قرص نحاسي وقرص خارصيني كإلكترودين بينهما قطعة من القماش المشرب بمخلول ملح كإلكتروليت؛ وكانت قوتها الدافعة الكهربائية قليلة. ثم اكتشف فولتا أنه يزدحم عدداً من هذه الخلايا يحصل على قوة دافعة أكبر - فكانت البطارية الأولى وعرفت بقود فولتا. وتكريرا له سُميت وحدة القوة الدافعة الكهربائية «الفولت» باسمه.



## القوة الدافعة الكهربائية

القوة الدافعة الكهربائية لخلية أو بطارية تدفع الإلكترونات لتسري في الدارة الكهربائية. وهي تقاس بوحدة الفولت. تعبر القوة الدافعة الكهربائية للخلية على نوعيتها؛ فهي في الخلايا الجافة، مثلاً، ١.٥ فولت.

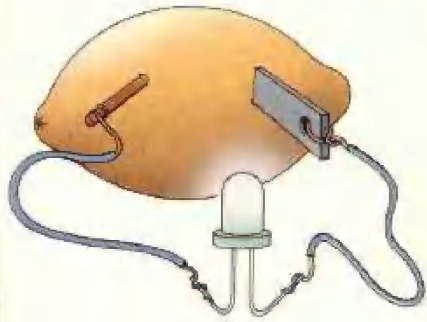


يقبس الفولتمتر الموصول عبر طرفي البطارية قوتها الدافعة الكهربائية بالفولت.



## حجم البطارية

تُستوعب معظم المصابيح الكهربائية بطاريتين جافتين أو أكثر وتوصل هذه البطاريات على التوالي، أي واحدة بعد الأخرى، كما في عمود قولنا، وبما يزيد شحمة القوة الدافعة الكهربائية (ف.د.ك). فإذا وصلت بطارتان على التوالي، فقلتها الواحدة منهما ١.٥ فلت، يكون مجمل قوتيهما الدافعة الكهربائية ٣ فلت. وبأزيد القوة الدافعة الكهربائية تُرداد شدة التيار في الدارة الكهربائية. والمصابيح القوية تستخدم أربع بطاريات أو أكثر. إن حجم البطارية ذاته لا علاقة له بقوتها الدافعة الكهربائية، إذ إن مقوماتها الكيميائية فقط هي التي تحدّد ذلك. لكن البطارية الكبيرة تدوم فترة أطول من البطارية الصغيرة من النوع ذاته.



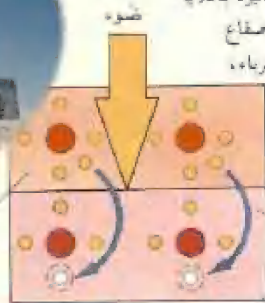
### خلية من ليمونة حامضة

يمكنك صنع خلية بسيطة بفرز جشنتين من فلزّين مختلفين في ليمونة حامضة فيشكّل الفلزّان إلكترودي الخلية، وتشكّل عصارة الليمونة الإلكتروليت. استخدم إلكترودين من الخواصين والنحاس فتحصل على ف.د.ك تجعل الديود (الضمان الثاني) الصوّاء يُشعّ بوضوح قرفي.



### الخلايا الشمسية

الخلايا الشمسية، بخلاف الخلايا العادية، لا تعتمد على الطاقة الكيميائية بل تُحوّل الطاقة الضوئية مباشرة إلى كهرباء. لذا تعرف أيضاً بالخلايا الفولطية الضوئية. والخلايا الشمسية هي في معظمها دايودات سيليكونية. تعمل بعض الحاسبات الحية الصغيرة بخلايا شمسية، لكن، في بعض الأصناف، تأتي البعيدة عن موارد الكهرباء، كالقطب الجنوبي، تُستخدم ماطورات ضخمة، تضم الكثير من الخلايا الشمسية، كمورد طاقة بديل.



شبكة فوشلي من النمط-س

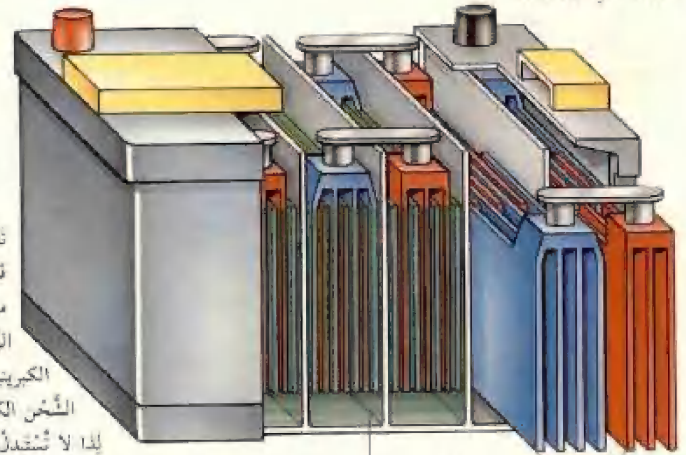
### السيارة الكهربائية

تستخدم هذه السيارة بطارية للسير في المدن وهي مبرودة بمحرك بترين لإبقاء البطارية مشحونة في الرحلات الأطول. هنالك حالياً نماذج أولية لسيارة كهربائية تعمل بالبطارية فقط، لكن البطارية المستخدمة ضخمة ولا تدوم طويلاً، وعند الحاجة تُشحن البطارية ليلاً من الشبكة الرئيسية حين يخفّ ضغط الاستهلاك. والميزة الرئيسية للسيارات الكهربائية هي أنها أقلّ تلويثاً للهواء من تلك العاملة بمحرك البنزين أو الديزل. وهكذا تُعتبر السيارة الكهربائية إحدى السبل المهمة في معالجة مشاكل التلوث.



### بطارية السيارة (المركم)

تستخدم معظم السيارات بطارية جهدها ١٢ فلتاً، وتحتوي البطارية ست خلايا تتألف واجدتها من صفائح من الرصاص وأخرى من ثاني أكسيد الرصاص مغمورتين في محلول من حامض الكبريتيك بجهد ٢ فلت. وهذه الخلايا قابلة لإعادة الشحن الكهربائي بعد الاستعمال، بخلاف الخلايا الجافة. لذا لا تُستبدل بطارية السيارة إلا إذا تعطلت. الخلايا التي لا يمكن إعادة شحنها تُسمى خلايا أولية، أما القابلة لإعادة الشحن فتسمى خلايا ثانوية. بطارية السيارة مركب من صفائح رصاصي يُبدّل أجهزتها بالقدرة الكهربائية ويُعاد شحنه ببساطة في السيارة تدعى المُتَوَب.



صفائح من ثاني أكسيد الرصاص مع حامض الكبريتيك تتولّد الكهرباء من تفاعل الصفائح مع حامض الكبريتيك.



### الأنقليس الكهربائي

تستخدم جميع الحيوانات شحبات كهربائية ضئيلة في أجهزتها العصبية والعشوية ويستطيع بعضها، كالأنقليس الكهربائي (إلكتروفورس إلكتروكوس) في أمريكا الجنوبية إحداث صدمة كهربائية قوية يقتل بها فرائسه. ويُشغل العضو الكهربائي جسمًا كبيراً من جسم الأنقليس، ويتألف من عضلات خاصة تُحشد فيها الكهرباء بحركة الأوتار، وتُفرغ عند الحاجة دفعة واحدة مؤلفة فلتية عالية تكفي لضغني وتدوير المشبك السايح في الجوار. وقد تعيّل الفلتية هذه في بعض أجناس الأنقليس الكهربائي إلى ٦٥٠ فلتاً - وهي فلتية كافية لضغني الإنسان.

### لمزيد من المعلومات انظر

- الترابط الكيميائي ص ٢٨
- الفلاتر الانتقائية ص ٣٦
- أشياء الفلاتر ص ٣٩
- الكهولة (التحليل بالكهرباء) ص ٦٧
- مصادر الطاقة ص ١٣٤
- المولدات ص ١٥٩
- الصورة ص ١٩٠
- العضلات ص ٣٥٥
- حقائق ومعلومات ص ٤١٠

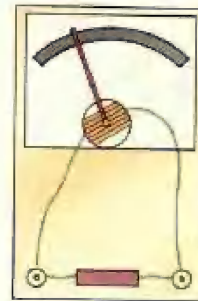


## الدَّاراتُ الكهربائيَّة

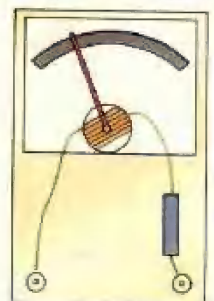
عندما تُضيء مصباحًا كهربائيًا، فإنَّك تُكْمِلُ دارةً كهربائيَّةً بسيطةً، تُسري الكهرباء فيها من البطاريَّة، عبر المفتاح (المِقْلَاد) والبُصْلَة ثُمَّ عَوْدًا إِلَى البطاريَّة، فالدَّارةُ هِيَ المَسَارُ الَّذِي تَتَّخِذُهُ الكهرباءُ؛ وأجزاء هذا المسارِ كُلُّهَا مَوْصَلَةٌ لِلْكَهْرَباءِ، ومُتَّصِلَةٌ بَعْضُهَا بِبَعْضٍ. والدَّاراتُ الكهربائيَّةُ عَلَى نَوْعَيْنِ: دَارَاتُ التَّوَالِي وَدَارَاتُ التَّوَازي. ومِصْبَاحُ الجَيْبِ الكهربائيُّ مَثَلٌ عَلَى دارةٍ تَوَالِيٍّ حَيْثُ كُلُّ مُقَوِّمَاتِ الدَّارةِ مَوْصُولٌ بِالوَاحِدِ تَلُو الآخر. فِي دارةِ التَّوَازي تَكُونُ البَطَارِيَّاتُ أَوْ بَعْضُ المُقَوِّمَاتِ الأُخْرَى مَوْصُولَةً بَعْضُهَا عَبرَ بَعْضٍ. وَفِي كِلَا الدَّارَتَيْنِ، يُمكنُ أَحْتِسَابُ الفُلْطِيَّةِ أَوْ المُقاوِمَةِ أَوْ شِدَّةِ التَّيَّارِ بِاسْتِخْدَامِ قَانُونِ أُوْم.

## دَارةٌ تَطْبِيقِيَّةٌ

البَطَارِيَّاتُ الثَّلَاثُ فِي أَعْلَى الدَّارةِ المُقَابِلَةِ تُبَيِّنُ جُوهْدَهَا مَقْدَارُهُ ١٣.٥ فِلْطٍ لِأَنَّهَا مَوْصُولَةٌ عَلَى التَّوَالِيٍّ وَجُوهْدُ الْوَاحِدَةِ مِنْهَا ٤.٥ فِلْطٍ. فَإِذَا تَنَبَّهْتَ لِفُتْلِ فِي سَرَيَانِ تَيَّارٍ أَشَدَّ مِمَّا يَجِبُ فِي الدَّارةِ يُضْهِرُ المِشْهُرُ وَتَنَقُّعُ الإِمْدَادُ مِنَ البَطَارِيَّاتِ. أَحْذَرِ القِيَّاسِيْنَ المُتَعَدِّدِي القِيَّاسَاتِ بِعَمَلٍ هُنَا كَأَمْتِيرٍ لِقِيَاسِ شِدَّةِ التَّيَّارِ السَّارِي فِي بُصْلَةٍ يَمْنَا يُسْتَخْدَمُ الأُخَرُ كَفُلْطَمِترٍ لِقِيَاسِ الفُلْطِيَّةِ عَبرَ بُصْلَةٍ أُخْرَى.



الْأَمْتِيرُ مِقْيَاسُ تَوِ بِلْفٍ مُتَحَرِّكٌ مَوْصُولٌ عَلَى التَّوَازي بِمُقَاوِمٍ خَفِيفِ المُقاوِمَةِ - بِحَيْثُ إِذَا تَيَّارُ الدَّارةِ يَكَادُ ٧ يُنْقَضُ إِذَا وُصِلَ فِيهَا الأَمْتِيرُ عَلَى التَّوَالِي.



الْفُلْطَمِترُ مِقْيَاسُ تَوِ بِلْفٍ مُتَحَرِّكٌ مَوْصُولٌ عَلَى التَّوَالِيٍّ بِمُقَاوِمٍ عَالِي المُقاوِمَةِ. هَذَا المُقاوِمُ يَمْنَعُ سَرَيَانَ تَيَّارٍ كَبِيرٍ فِي الْفُلْطَمِترِ (وَتَغْيِيرُ أَوْضَاعِ الدَّارةِ بِذَلِكَ).

## جُورْجُ سِيْمُونُ أُوْم

أَوَجَدَ الفِيزِيَّائِيُّ الأَلْمَانِيُّ جُورْجُ سِيْمُونُ أُوْم (١٧٨٧ - ١٨٥٤) الْعِلَاقَةَ بَيْنَ شِدَّةِ التَّيَّارِ الكهربائيِّ وَالمُقاوِمَةِ وَفِرْقِ الجُوهْدِ الكهربائيِّ (الفُلْطِيَّة) فِيمَا يُعْرَفُ بِقَانُونِ أُوْم - المَثَلُ بِالمُعَادَلَةِ التَّالِيَةِ:  $V = IR$  (فِرْقِ الجُوهْدِ الكهربائيِّ) «بِالفِلْطِ» =  $I$  (شِدَّةُ التَّيَّارِ) «بِالْأَمِيرِ»  $\times R$  (المُقاوِمَةُ) «بِالْأُوْمِ». وَقَدْ سُمِّيتِ وَحْدَةُ قِيَاسِ المُقاوِمَةِ الكهربائيَّةِ، الأُوْمُ، بِاسْمِهِ.



ثَلَاثُ بَطَارِيَّاتٍ، جُوهْدُ الْوَاحِدَةِ مِنْهَا ٤.٥ فِلْطٍ مَوْصُولَةٌ عَلَى التَّوَالِيٍّ، تَوْفَّرُ قُوَّةً مَقْدَارُهَا ١٣.٥ فِلْطٍ.

يَحْوِي حَامِلُ المِشْهُرِ مِشْهُرًا خُرْطُولِيًّا - كَالْبُصْلَةِ بِجَانِبِهِ، يَنْصَبُّ فِلْطُ المِشْهُرِ عِنْدَ تَجَاوُزِ التَّيَّارِ حَدًّا مُعَيَّنًا لِفُتْلِهِ عَارِيًّا.

المِقْيَاسُ المُتَعَدِّدُ القِيَّاسَاتِ المُعَدَّلُ بِقُوَّةِ ٢٥٠ مِلي أمبير، والمَوْصُولُ عَلَى التَّوَالِيٍّ بِهَذَا الْفِرْعِ مِنَ الدَّارةِ يُبَيِّنُ تَيَّارًا شِدَّتُهُ ١٦٥ مِلي أمبير.

مِقْلَادٌ يَتَحَكَّمُ سَرِيانَ التَّيَّارِ عَبرَ الدَّارةِ بِكَامِلَتِهَا.

يُسَبِّحُ المُقاوِمُ فِيزِيًّا فِي الجُوهْدِ مَقْدَارُهُ ٧.٥ فِلْطٍ، بِحَيْثُ تَصْبِغُ الْفُلْطِيَّةُ البَاقِيَّةُ (أَيْ ٦ فِلْطٍ) ثَلَاثَةً لِلتَّصْلِيَةِ فِي هَذَا الْجُزْءِ مِنَ الدَّارةِ.

مِقْلَادٌ يَتَحَكَّمُ فِي التَّيَّارِ السَّارِي عَبرَ هَذَا الْفِرْعِ مِنَ الدَّارةِ.

المِقْيَاسُ المُتَعَدِّدُ القِيَّاسَاتِ المُعَدَّلُ بِقُوَّةِ ١٠ فِلْطٍ يُبَيِّنُ جُوهْدًا مَقْدَارُهُ ٥ فِلْطٍ عَبرَ الْبُصْلَةِ.

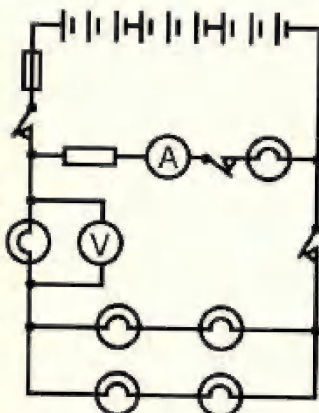
بُصْلَةٌ

مِقْلَادٌ يَتَحَكَّمُ فِي التَّيَّارِ السَّارِي عَبرَ هَذَا الْفِرْعِ مِنَ الدَّارةِ.

وُجُوهُ مِنَ الْبُصْلَاتِ الشَّمَاثَةِ المُتَّصِلَةِ غَوْصُولَانِ عَلَى التَّوَالِيٍّ، التَّيَّارُ السَّارِي فِي الْبُصْلَاتِ مُشَاوِي.

## الرَّسْمُ التَّخْطِيطِيُّ لِلدَّارَاتِ

تُمَثَّلُ مُقَوِّمَاتُ الدَّارةِ الكهربائيَّةِ بِرُمُوزٍ مُعَيَّنَةٍ فِي رَسْمٍ تَخْطِيطِيٍّ يُبَيِّنُ كَامِلَ أَجْزَائِهَا وَغَوْصُولَاتِهَا بِوُضُوحٍ بَالِغٍ. فِي التَّخْطِيطِ المُقَابِلِ، لِلدَّارةِ أَعْلَاهُ، أُعِيدَ تَرْتِيبُ بَعْضِ الْأَسْلَافِ لِتَبْسيطِ الرِّسْمِ؛ لَكِنْ ذَلِكَ لَا يُؤَثِّرُ أَبَدًا فِي تَبْيَانِ طَرِيقَةِ عَمَلِ الدَّارةِ الكهربائيَّةِ.





## دوائر التوالي والتوازي

يسري التيار الكهربائي في دائرة كاملة لا انقطاع فيها. وقد تكون أجزاء أو مقومات الدارة موصولة على التوالي أو على التوازي. في دائرة التوالي تتصل المقومات واحدًا بعد الآخر، كتشابك الأيدي في خلفة؛ أما في دائرة التوازي فتتصل المقومات بعضها عبر بعض.



أضواء الحفلات البديعة توصلت الواحد تلو الآخر على امتداد السلك نفسه من كتل مزيج، أما السلك الآخر فيكتل الدارة غولًا من آخر السلسلة إلى القابس وشاخ الإضاءة.

### التوصيل على التوالي

عند وصل المقومات في دائرة على التوالي يزداد مجمل المقاومة. فالتيار الشاري من المصدر نفسه في مجموعة من المقومات أخفض بكثير من التيار الشاري في دائرة المقوم الواحد. في بعض أظفر أنوار الحفلات تكون البطاريات موصولة على التوالي؛ فإذا تعطلت واحدة منها، تعطلت كلها.

### المقاومة

قلما ازدادت المقاومة في دائرة يقل التيار الشاري فيها وهكذا يمكن التحكم في التيار الشاري في الدارة بمقوم متغير. في الرسم المقابل، يستخدم حافيت المصباح مقاومًا متغيرًا، يتألف من الغرافيت في قلم رصاص، يتغير توهج البطارية، إن تحرك الملامس الانزلاقي على طول القلب الغرافيتي يغير طول الكربون الذي يسري فيه التيار. لزيادة طول الغرافيت في الدارة، تزداد المقاومة ويقل التيار فيخف توهج البطارية. المقومات المتغيرة الكبيرة المستخدمة لهذا الغرض تدعى ناظمات التيار (ريوستاتات).

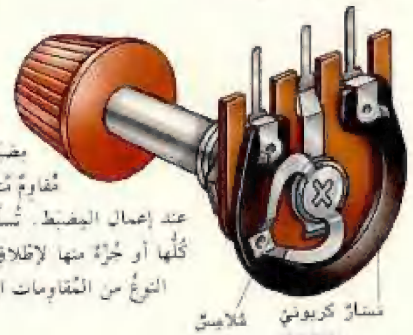


يشري تيار كبير إذا كانت المقاومة قليلة، فتتوهج البطارية بنور ساطع.

يشري تيار أقل إذا صارت المقاومة أكثر، فيخف توهج البطارية.

### مضبط الجهد

مضبط الجهد في جهاز راديو نموذجي هو مقاوم متغير ذو ملامس يتزلزل على تسار كربوني عند إعمال المضبط. تسلط إشارة صوتية عبر المقاوم فتستخدم كلها أو جزء منها لإطلاق الضوئ نفا لبعارة المضبط. وهذا النوع من المقومات المتغيرة يدعى مقرقا.



### محدد السرعة

بمحكم السرعة في بعض نماذج أظفر سيارات السباق الكهربائية يمكن التحكم في سرعة كل سيارة بمفروها. فعندما تضغط على الزناد، ينزل ملامس على امتداد مقاوم متغير، موصول على التوالي بساخذ الإمداد ويأخذ السيارات. فإن خففت المقاومة تزداد سرعة التيار عبر محرك السيارة وتزداد، بالتالي، سرعتها.

### أندريه ماري أمبير

الرياضي والعالم الفرنسي أندريه أمبير (1775-1836) أجرى تجارب مهمة على التيارات الكهربائية. فأوجد لناس وسائل ميسرة لقياس شدة التيار الكهربائي الشاري في دائرة كهربائية. وتقديرًا لإسهاماته سميت وحدة شدة التيار «الأمبير» باسمه، والأمبير يعادل سريان إلكترون في الثانية.



حوالي 10 × 10<sup>18</sup> إلكترون في الثانية.



### التوصيل على التوازي

عند وصل المقومات في دائرة على التوازي ينخفض مجمل المقاومة. وبذلك تزداد شدة التيار. ففي مضمار السيارات الكهربائية التسمى يتم توصيل السيارات على التوازي؛ وكلما ازداد عددها ينخفض مجمل مقوماتها، ويزداد مجمل التيار من المورد. والسيارات هنا مستقلة بعضها عن بعض، فإذا تعطلت واحدة منها تسير الأخرى في العمل.



باستخدام المحكم اليدوي يمكنك تغيير شدة التيار الشاري عبر محرك السيارة الدائمة عن طريق الترانزستور في المضمار.

توصيلات إلى الجسم

يتزلزل الملامس على المقاوم عند ضغط الزناد.

محكم السرعة اليدوي

### لزيد من المعلومات انظر

- الكهرباء التيارية ص 148
- الكهربية المغناطيسية ص 156
- الكهرباء في البيت ص 161
- حقائق ومعلومات ص 411



# المَغْنَطِيسِيَّة

المَغْنَطِيسُ ليسَ دَبَقًا، لَكِنَّ الأَجْسامَ الحَدِيدِيَّةَ أو الفولادِيَّةَ الخَفِيفَةَ تَعْلَقُ بِهِ؛  
فَهُوَ مُحَاطٌ بِمِجالٍ قُوَّةٍ لَامَرَوِيَّةٍ (هِيَ مِجالُهُ المَغْنَطِيسِي) يُؤَثِّرُ فِي مَوادِّ مُعَيَّنَةٍ  
بِالقُرْبِ مِنْهُ. لِكُلِّ مَغْنَطِيسٍ قُطْبَانِ جَنُوبِيٍّ وَشَمَالِيٍّ؛ الأَقْطَابُ

الْمِشَابَهُةُ تَتَنَافَرُ وَالْمُتَخَالِفَةُ تَتَجَادَبُ. فِي مَفْهُومِنَا العَادِي، نَطْلُقُ

لَفْظَةَ مَغْنَطِيسٍ عَلَى المَغْنَطِيسِ الدائم (الَّذِي يَحْتَفِظُ

بِمَغْنَطِيسِيَّتِهِ)؛ لَكِنَّ أَيَّ قِطْعَةٍ حَدِيدٍ تَتَمَغْنَطُ عَلَى مَقْرَبَةٍ مِنْ

مَغْنَطِيسٍ فَتَكْتَسِبُ قُطْبَيْنِ شَمَالِيًّا وَجَنُوبِيًّا وَتُصْبِحُ

مَغْنَطِيسًا. أَوَّلُ اسْتِخداماتِ المَغْنَطِيسِ كانَ فِي

البُوصَلَةِ المَغْنَطِيسِيَّةِ؛ وَالْيَوْمَ

تُستَخدَمُ المَغْنَطِيسِيَّةُ فِي طَرائِقَ

وَمِجالَاتٍ مُتَعَدِّدةٍ.

## مَغْنَطِيسِيَّةُ الأَرْضِ

الْمِنطَقَةُ المُحِيطَةُ بِالمَغْنَطِيسِ وَالتي تُبَيِّنُ

تَأثيرَهُ فِيهَا تُسَمَّى مِجالَهُ المَغْنَطِيسِي.

وَلِلأَرْضِ مِجالٌ مَغْنَطِيسِيٌّ كَمَا لوَ كانَ

فِي دَاخلِها قُصْبٌ مَغْنَطِيسِيٌّ دَائِمٌ.

وَيُعزَى هَذَا المِجالُ إِلَى اللَّبِّ المَرَكِزِيِّ

الحَدِيدِيِّ فِي بَاطِنِ الأَرْضِ.



## البُوصَلَةُ المَغْنَطِيسِيَّةُ

يُجَدُّ المَغْنَطِيسُ المَرَكِزِيُّ عَلَى بَحْوَ أَلْجَافِها شَمَالِيٍّ

جَنُوبِيٍّ بِتَأثيرِ مِجالِ المَغْنَطِيسِ لِلأَرْضِ. وَنُستَخدِمُ

هَذِهِ الظَّاهِرَةَ فِي البُوصَلَةِ المَغْنَطِيسِيَّةِ؛ لَكِنَّ عَلَى

البِخَّارَةِ مُراعَاةُ أَنَّ البُوصَلَةَ تُشيرُ فَعَلًا إِلَى القُطْبِ

الشَمَالِيِّ المَغْنَطِيسِيِّ لِلأَرْضِ، الَّذِي لا يَطْلُقُ مَوْجَهَ

تَمامًا مَعَ القُطْبِ الشَمَالِيِّ الجُغرافيِّ.

## الأَقْطَابُ

لِكُلِّ مَغْنَطِيسٍ قُطْبَانِ شَمَالِيٍّ وَجَنُوبِيٍّ

— نَعَمًا لِلانْجِاهِ الَّذِي يَتَّخِذهُ بِالنِّسْبَةِ

لِقُطْبَيِ الأَرْضِ المَغْنَطِيسِيَّيْنِ.

المَعروفُ أَنَّ الأَقْطَابَ المُضادَّةَ

تَتَجَادَبُ وَالْأَقْطَابَ المِثَالَّةَ تَتَنافَرُ.

فَالقُطْبُ الشَمَالِيُّ لِلبُوصَلَةِ يَتَّجِهُ نَحْوَ

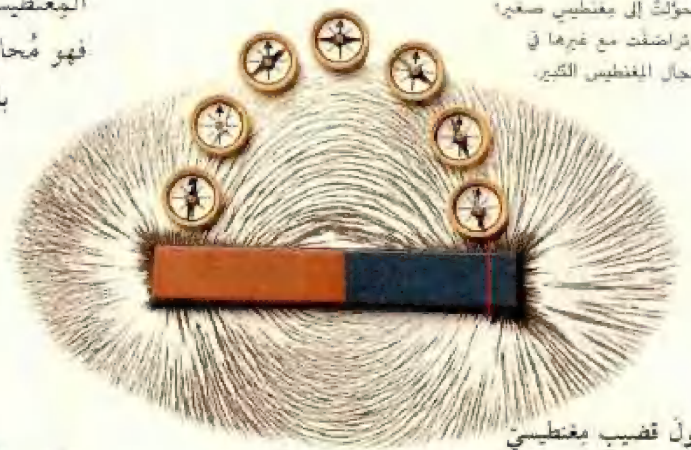
الشَمالِ لِأَنَّ نِصْفَ الكُرَةِ الشَمَالِيَّ

ذُو قُطْبِ مَغْنَطِيسِيٍّ جَنُوبِيٍّ. يَمْكِـنُ

تَبَيانُ قُوَّةِ التَّجَادُبِ وَالتَّنَافُرِ بَيْنَ



كُلُّ قِطْعَةٍ مِنْ بُرَادَةِ الحَدِيدِ  
تَحُولُ إِلَى مَغْنَطِيسٍ صَغِيرٍ  
وَتَتَراصَّفُ مَعَ غَيرِها فِي  
مِجالِ المَغْنَطِيسِ الكَبيرِ.



## حَوْلَ قُصْبِ مَغْنَطِيسِيٍّ

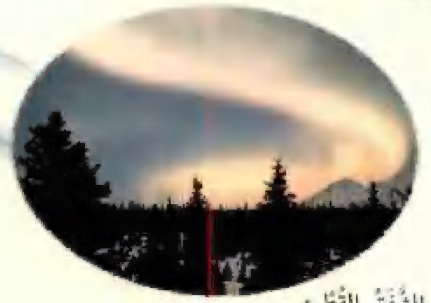
تَتَطَيَّرُ بُرَادَةُ الحَدِيدِ حَوْلَ قُصْبِ المَغْنَطِيسِ فِي نِيطٍ مُحدَّدٍ

دَائِمًا، مُظْهِرَةً لِلغَيانِ نِجالَهُ المَغْنَطِيسِيَّ. تَبَيَّنُ خُطُوطُ المِجالِ

أَنحاءَ إِزْرَةِ البُوصَلَةِ عِندَ وَضْعِها قُرْبَ المَغْنَطِيسِ، إِذْ إِنَّ تَأثيرَ

المِجالِ المَغْنَطِيسِيِّ لِلأَرْضِ عَلَيْها حَديثٌ قَليلٌ جَدًّا نِبيًّا لِنِدْوَةِ

قُرْبِها مِنْ قُصْبِ المَغْنَطِيسِ.



## الشَّفَقُ القُطْبِيَّ

يَجْذِبُ القُطْبَانِ المَغْنَطِيسِيَّانِ لِلأَرْضِ الجُسيماتِ المُشْحُونَةِ المُشْتَعَةِ

مِنَ الشَّمْسِ. عِندما تَصَدِّمُ هَذِهِ الجُسيماتِ الجُسيماتِ العَازِيَّةَ فِي

النَّوْءِ يُنْجِغُ ضِوَاءَ مُلَوَّنٍ. فِي نِصْفِ الكُرَةِ الشَمَالِيَّ يَرى عَرَضُ الأَضواءِ

المُلوَّنَةِ المِهيِّ هَذَا فِي المِناطِقِ القَرِيبَةِ مِنَ القُطْبِ الشَمَالِيِّ. وَيُدعى

الشَّفَقُ الشَمَالِيُّ أو «الشَّفَقُ الشَمَالِيُّ»

أو الأَضواءُ القُطْبِيَّةُ الشَمالِيَّةُ.

وَتُحدِثُ هَذِهِ الظَّاهِرَةُ

فِي نِصْفِ الكُرَةِ الجَنُوبِيِّ أَيْضًا.

## الشَّوْاطِ الشَّمْسِيَّة

بِاسْتِخدامِ تِلْصُحُوباتٍ خَاصَّةٍ، يَسْتَطِيعُ

الفَلَكِيُّونَ تَصوِيرَ أَندَفاعاتِ غازِ

الهَيْدروجينِ المُتَوَهِّجَةِ عَلَى بُعْدِ مِئاتِ

الوَرْدِ الكِيلومِتراتِ قُوَّةً سَطْحِ الشَّمْسِ؛

وَيُدعى هَذِهِ الشَّوْاطِاطُ الشَّمْسِيَّةُ.

وَيَحويِ الغازُ المُندَفِئُ مِنْ هَذِهِ

الشَّوْاطِاطِ حَسيَماتٍ مُشْحُونَةٍ مُتَحَرِّكةٍ

تَتَأثَّرُ بِمَغْنَطِيسِيَّةِ الشَّمْسِ البَاطِلَةِ.

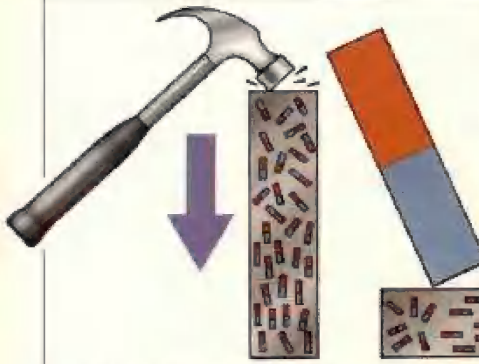
فَالشَّوْاطِ الشَّمْسِيَّةُ الهالِكَةُ المُبَيَّنَةُ هُنا

يَرْتَمِعُ بِفِعْلِ القُوَّةِ المَغْنَطِيسِيَّةِ.



## ماهية المغناطيسية

المعتقد علمياً أنه داخل قطعة من الفولاذ مثلاً، هناك أحوارٌ مُنغطة فائقة الدقة تُدعى تَلْفًا. تتخذ هذه التَلْفُ المُنغطة اتجاهاتٍ مُتباينة، فَيَبْطُلُ بعضها مفعولُ البعض الآخر، وتَقْلُ قِطْعَةُ الفولاذ غيرَ مُنغطة. أما إذا اتَّخَذَتْ هذه التَلْفُ المُنغطة اتجاهاً مُوَحِّداً، فإن قِطْعَةَ الفولاذ تُصْبِحُ مغناطيساً قَظْمَةً الشمالي في الطرف الذي تُجْه نَحْوَ الأقطاب الشمالي لتلك التَلْفُ؛ ويَصْبِحُ الطرف الآخرُ قُطْباً جنوبيًا.



طَرَقَ المغناطيس بمطرقة يَدُجُ التَلْفُ المُنغطة، يَغْنَبُ، قَتْبَاعُ أقطابها الشماليَّة، ويَقْبُذُ المغناطيس مغناطيسيَّة.



ذلك الفولاذ يقضب مغناطيسي يستجِرُّ التَلْفُ المُنغطة فيه في اتجاه مُوَحِّد فيصْبِحُ مغناطيساً.

في الفولاذ غير المُنغَط، تُتَخَذُ التَلْفُ المُنغطة الدقيقَةُ اتجاهاتٍ مُتباينة؛ فَيَبْطُلُ أقطابها الشماليَّة تأثيرَ أقطابها الجنوبيَّة.



## الدَّارَاتُ المغناطيسيَّة

يَقْبُذُ المغناطيس مغناطيسيَّة تدريجيًّا إذا ما تَرَكَ على حاله، لأنَّ تَلْفَةَ المُنغطة قد تَجَرَّفَ عن مواقعها (بخاصَّة إذا سَحَر المغناطيس أو رُجَّ بَغْنَب) وتَقْبُذُ نَسَافَتُها. ولَتَلْعُ حَدُوثُ ذلك تُوقَعُ قِطْعَةً حَدِيدٍ، تُشَكِّي حَافِظَةً، بين قُطْبَي المغناطيس النَّصْرِي (واثنان) بين كُلِّ من التَلْفَيْنِ المُتباينَيْن لِغَضَبَيْنِ مغناطيسِيَّيْنِ بحيثُ يَبْقَى التَلْفُ المُنغَطَّةُ في المغناطيس مُشَدُودَةً في نَسَافَتِها، بعضها إلى بعض في ما يُشَكِّي دَاوَةَ مغناطيسيَّة. هذه الترتيبَةُ بالحافظات تمنعُ قِطْدَان المغناطيسيَّة.



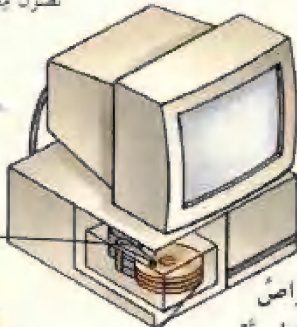
## مُحَافِظُ التَّيَّارَات

تُحَلِّقُ على التَّيَّارَات أحياناً بطاقات أو طَوْرٌ، لِلتذكير أو الزينة، بمُحَافِظٍ صَغِيرَةٍ. فالمغناطيس الصَّغِيرُ يُشَدُّ البِطَاقَةَ أو الورقة أو اللَّصِقَةَ الصَّغِيرَةَ إلى حَدِيدِ التَّيَّارِ لأنَّ تأثيرَ القُوَّةِ المغناطيسيَّةِ يَحْدِلُ غيرَ المَوَادِّ التي لا تُنْغَطُ. في الوقت نَافِثٍ يَحْدِلُ جَدَارُ التَّيَّارِ (أو النَّالِجَةُ) كَحَافِظَةٍ تُصَوِّرُ مغناطيسيَّة المغناطيس.

التَلْفُ المغناطيسيَّة الدقيقَةُ تُنْغَطُ بِمُحَافِظِها بعضها بالنَّسْبَةِ إلى بعض.

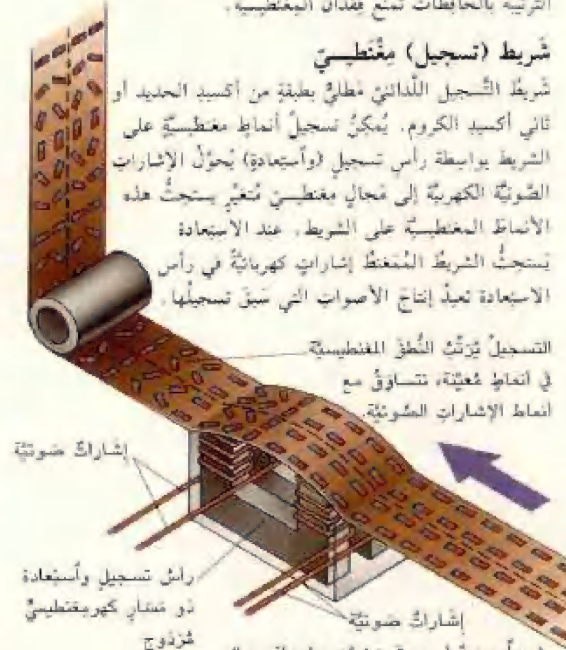


تُخَزِّنُ المعلومات على القُرْصِ كَتَبَضَاتٍ مغناطيسيَّةٍ مُشَكِّلَةٍ وَاحِدَةً (بالْوَحْل) أو صَفْرًا (بالقَطْع).



## الأقراص المغناطيسيَّة

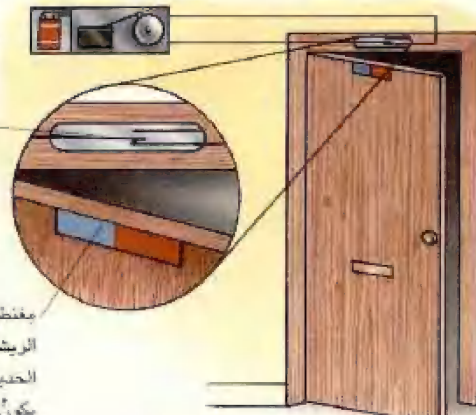
تُخَزِّنُ الحواسِبُ مُعْطَايَ شَيْءٍ على أقراصٍ لَدَانِيَّةٍ مُطَلَّيَةٍ بِطَبَقَةٍ قَابِلَةٍ لِلتَّغْطِط. تُدْخَلُ المُعْطَايَاتُ إلى الحاسوب على شَكْلِ إشاراتٍ كهربِيَّةٍ كَمَا فِي المُسَجِّلَةِ الشَّرِيطِيَّة. يُدَوِّرُ القُرْصُ وَيُغَرِّزُ رَأْسَ التَّسْجِيلِ فوق سطحه مُحوِّلًا الإشاراتِ الكهربِيَّةِ إلى تَبَضَّاتٍ مغناطيسيَّةٍ تُتَرَكُ المعلوماتُ مُخَزَّنَةً على القُرْصِ كَأَنْوَاعٍ مغناطيسيَّة.



شَرِيطٌ جَدِيدٌ أو سَمِيقٌ مُشَفَّعٌ بِوَاسِطَةِ مَجَالٍ مغناطيسيٍّ مُتَنَافِثٍ عَالِي التَّرْدَدِ يُسْتَبْدَلُ بِالْإِشَارَاتِ المُسَجَّلَةِ سَابِقًا على الشَّرِيطِ إشاراتٍ غيرَ مُسَمَّوَةٍ عَالِيَةِ التَّرْدَدِ.

## جَرَسُ إِنْذَارٍ ضِدَّ السُّطُوفِ

يُزَكَّبُ على أَعْلَى البابِ (من الدَاخِلِ) مغناطيسٌ دائِمٌ ومِقْلَادٌ رِيثِيّ التَّصَلُّ على الإِظَارِ. عِنْدَمَا يَكُونُ البابُ مَقْفَلًا، تَتَضَمَّنُ شَرِيطَتَا حَدِيدٍ المغناطيسيَّانِ العُلُوبَتَانِ بِتَأثيرِ المغناطيسِ. وَعِنْدَ فَتْحِ البابِ، يَبْتَعِدُ المغناطيسُ، فَيَقْرُذُ الشَّرِيطَةُ المَرْكَزِيَّةُ خَلْفًا لِتَنْسُ الثَّلَاسِيَّ المَعْدِنِيَّ اللَّامِغْنَطِيَّيَّ نَحْوَها، مُكْمِلَةً الدَّارَةَ الكهربائيَّةَ، فَيَقْرُذُ جَرَسُ الإِنْذَارِ.



مِقْلَادٌ رِيثِيّ التَّصَلُّ ذو رِيثِيَّةٍ حَدِيدِيَّةٍ وَثَلَاسِيٍّ حَدِيدٍ غيرَ مُوصُولٍ (فوق) وَثَلَاسِيٍّ مُوصُولٍ مِنْ سَعْدِيٍّ لَا يَتَغَطَّ (تحت).

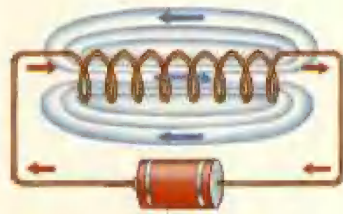
مغناطيسٌ دائِمٌ على البابِ يُشَدُّ الرِيثِيَّةَ حَدِيدِيَّةَ إلى الثَّلَاسِيَّ حَدِيدِيٍّ غيرَ المُوصُولِ عِنْدَمَا يَكُونُ البابُ مُقْفَلًا.

## لِمَزيد من المعلومات انظر

- الْفِلَازَاتُ الانْتِظَالِيَّةُ ص ٣٦
- الكهرمغناطيسيَّة ص ١٥٦
- المُحَرِّكَاتُ الكهربائيَّةُ ص ١٥٨
- المُؤَلَّدَاتُ ص ١٥٩
- بَيْتَةُ الأَرْضِ ص ٢١٢
- النَّشْطُ ص ٢٨٤
- حَقَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤١٠



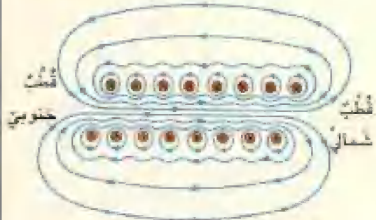
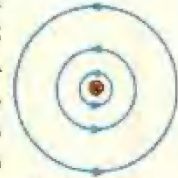
# الكهرِمَغْنَطِيسِيَّة



يُولَدُ التَّيَّارُ  
الكهربائي مجالًا  
مغناطيسيًا، فإنما  
كان اتجاه التيار  
أبتعادًا عنك،  
يكون المجال باتجاه  
عقارب الساعة.



عندما يشرى تيارٌ  
كهربائي في ملفٍ  
سلكي، يتولد مجالٌ  
مغناطيسي حوله  
شبيهٌ بمجال  
قضيب المغناطيس.

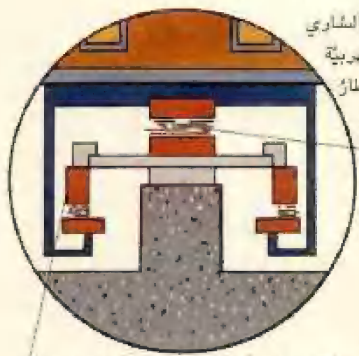


المجال حَوْلَ ملفٍ سلكي

المجال حَوْلَ سلكٍ يحمل تيارًا

تُحْدِثُ المجالات المغناطيسية حول لُفَاتِ الملفت  
تيارًا كهربائيًا. ويُمكن الكشف عنه باستخدام  
شريط الحديد أو البوصلة المغناطيسية.

يتولد مجالٌ مغناطيسي حَوْلَ سلكٍ يشرى فيه  
تيارٌ كهربائي. ويُمكن الكشف عنه باستخدام  
شريط الحديد أو البوصلة المغناطيسية.



تُضَبِّطُ شِدَّةُ التَّيَّارِ السَّارِي  
عَبْرَ المغناطيسات الكهرببة  
أوتوماتيًّا لِيَبْقَى القطارُ  
سابقًا على العُلُوِّ  
الصحيح.



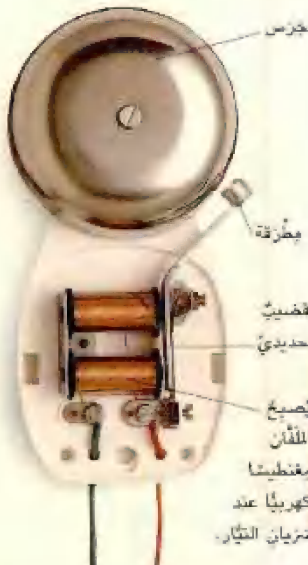
التوسيد المغناطيسي

تُوقَّرُ قطاراتُ التوسيد المغناطيسي (الطافية مغناطيسيًا) رحلةً هادئةً سلسةً. هذه  
القطارات لا تدرج على سكة حديدية بل «تطفو» فوقها بالتوسيد الكهرومغناطيسي. يشرى التيار عبر المغناطيسات  
الكهربية في المسار وفي مغناطيسات القطار، فيُولَدُ مغناطيسية ترفع القطار عن الخط (بالتوسيد المغناطيسي).

هانز كريستيان  
أورستد



لاحظ الكيمائي  
والفيزيائي الدانمركي،  
هانز كريستيان أورستد  
(1777-1851)، أثناء  
تجاربه على بعض الأجهزة  
الكهربائية، عام 1820، أنه عند  
إمرار تيار قوي في سلك انحرفت إبرة البوصلة  
القوية منه؛ ولم تعد تشير إلى الشمال. فادرك أن  
التيار الكهربائي وَلَدَ مغناطيسية أثرت على اتجاه  
الإبرة؛ وهكذا اكتشف أورستد العلاقة بين  
الكهرباء والمغناطيسية (الكهرومغناطيسية).



سَقَّاطَةُ (مِزْلاج) الباب  
يُمكنك فُتْحَ الباب الخارجي من غير موقعه إذا كان مُجَهَّزًا بِسَقَّاطَةٍ  
كهرومغناطيسية يتحكَّمُ بها ملفٌ لولبي. فعند كسِّ زُرٍّ من داخل  
البيت، يشرى التيار عبر الملف اللولبي، ويُولَدُ مغناطيسية تُسحبُ  
السَقَّاطَةُ الحديدية إلى داخل الملف، فيتمكَّنُ الزائر من فتح الباب.  
بعدئذٍ يُعيد نابضُ خاصِّ السَقَّاطَةِ لِرَتُّنِجِ الباب.

جِرسُ الباب



جِرسُ الباب الكهربائي يعمل بالكهرومغناطيسية  
(الكهرومغناطيسية). فعندما يَرُدُّ زائر الجرس،  
يشرى التيار عبر المغناطيس الكهربائي، فيتجلب،  
بمجاله المغناطيسي، قضيب حديدي متصل  
بمطرقة وتقرع الجرس. حركة القضيب الممغنط  
هذه تقطع الدارة، فتزول مغناطيسية المغناطيس  
الكهربائي ويرتد القضيب الحديدي إلى موقعه  
شعبدًا وصل الدارة. وتكرر هذه العملية بسرعة  
بحيث يُسمع زبائن الجرس متواصلًا.



### مَكَّةُ الْبَيْعِ

كما تولّد الكهرباء مغناطيسية، كذلك يمكن للمغناطيسية أن تولّد كهرباء. وتستخدم هذه الظاهرة لتعرّف القطع النقدية في مَكَّةُ الْبَيْعِ. في هذه المَكَّةُ تُمرّ القطعة النقدية عبر مجال مغناطيسي يستحثّ تياراً كهربائياً دَوَّامياً فيها. وهذا التيار يُولّد بدوره مجالاً مغناطيسياً يُطَيّر حركة القطعة النقدية. القطع النقدية الأصيلة تُطَيّر بالتقدير الصحيح لتسقط في قسم تالي من المَكَّةُ، أما القطع الزائفة فتسقط في مَرْتَبِ الرُّفْسِ.

شُقَّتْ إيلاج القطع النقدية في المَكَّةُ. يُولّد هذا المغناطيس الكهربائي مجالاً مغناطيسياً عالي التردد.



تستخدم مَكَّةُ الْبَيْعِ الكهربائيّة لتعرّف القطع النقدية الأصيلة.

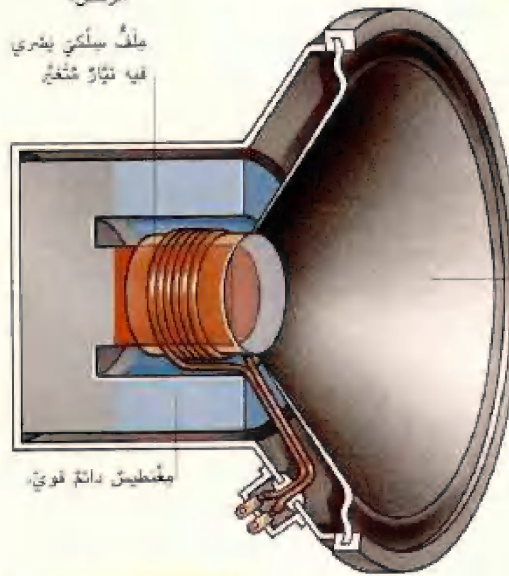
تُطَيّر بعض القطع النقدية الزائفة المعدن أكثر من الأصيلة، فتسقط في مَرْتَبِ الرُّفْسِ.

تُثَبِّتُ القطع النقدية الصحيحة المعدن بالتقدير الذي يُنكّنها من تخطي مسقط الرُّفْسِ إلى قسم التدقيق التالي في المَكَّةُ.

يُولّد سلكي بشري فيه تيارٌ شغفٌ

### المِجْهَارُ (مُكَبِّرُ الصَّوْتِ)

يُحوّل المِجْهَارُ الإشارات الكهربائية إلى أمواج صوتية. تُمرّ الإشارات عبر ملفّ، حول رقبة يوتي مخروطي وازتي، يعمل كمغناطيس كهربائي. على مقربة من مغناطيس دائم قوي. عندما يسري التيار في اتجاه معين، تدفع القوى المغناطيسية البوق المخروطي والمغناطيس الكهربائي إلى الخارج. وعندما يسري التيار في الاتجاه المضاد، يجذب البوق المخروطي إلى الداخل. وذبذبات البوق المخروطي هذه تولّد أمواجاً صوتية.



مغناطيس دائم قوي.

ملفّ من سلك نحاسي مغزول ملفوف حول سُمَامَرٍ حديدية.

### مَغْنَطِيسٌ كَهْرَبِيّ

ترداد قوة السَّجَالِ المغناطيس للملفّ يوضع قلب حديدي داخله. فإذا لَفَفْت مثلاً، عدّة لَفَاتٍ من سلك نحاسي مغزول حول سُمَامَرٍ حديدي، تحصل على مغناطيس كهربائي قوي. ومن الضروري أن يكون السلك مغزولاً كي لا يتخطى التيار اللَفَاتِ السُّلْكِ ويُمرّ في السُمَامَرِ. وصل مغناطيسك الكهربائي ببطارية ومصباح جيب، واختبره بالقاطات أجسام حديدية أو فولاذية صغيرة به.

عند وصل الملفّ بالبطارية يصيب السُمَامَرُ شغفًا ويستطيع التقاط مشابهة الورق وديابيس الرسم الفولاذية.

### جراحة العَيْنِ

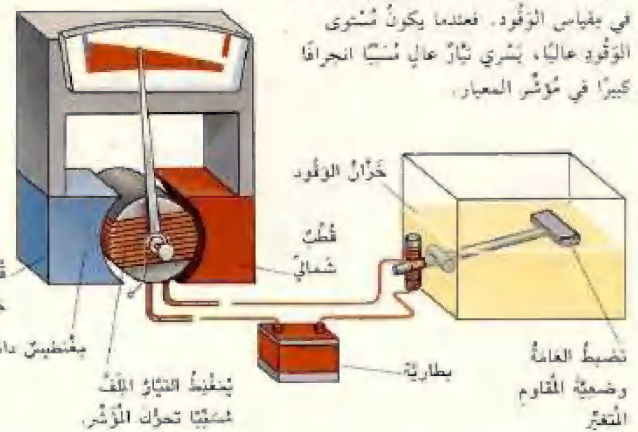
يستخدم طبيب العيون مغناطيساً كهربائياً لإزالة شظية فولاذية من عَيْنِ مُصَابَةٍ. بعد تركيز المغناطيس الكهربائي في الموقع الصحيح، يُمرّر تياراً كهربائياً عبره، فتجذب المغناطيسية الشظية من العَيْنِ.



بأستخدام المغناطيس الكهربائي يستطيع الطبيب إزالة شظية مشرعة وبقوّة أكثر من إزالتها يدوياً.

### مِقيَارُ الوَقُودِ في السَّيَّارَةِ

يُنبِئ الكهرمغناطيسية لسائق السَّيَّارَةِ مقدار الوَقُودِ المتبقي لديه. في مِقيَارِ الوَقُودِ يُمرّر مغناطيس كهربائي داخل مغناطيس دائم. وعندما يسري تيار عبر المغناطيس الكهربائي يتعطف هذا نحو المغناطيس الدائم، ويقدّر يعتمد على شِدَّةِ التيار. في داخل خزان الوَقُودِ، تحرك عادةً مقاومةً مُعَيَّنةً يحكم سرّيات التيار في مِقياسِ الوَقُودِ. فعندما يكون مُستوى الوَقُودِ عالياً، يسري تيارٌ عالياً مُسبباً انحرافاً كبيراً في مؤشر المِقياسِ.



### كاشِفُ الفِلِزَّاتِ

في بعض المطارات، قد يتوجّب عليك المرور عبر مجازٍ تقطري كاشِفِ الفِلِزَّاتِ في طريقك إلى الطائرة. توجد داخل المجازِ وِلَقَاتٌ سلكية كبيرة تحمل تياراً كهربائياً. فإذا عبر شخصٌ يحمل مُسَدَّساً مثلاً، يُعَبِّرُ فِلِزُّ المُسَدَّسِ كهرمغناطيسيةً المَلَقَاتِ، فيكتشف المجازُ هذا التغيير ويُطلِقُ الإنذار.



### لِزْيَدُ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ الظَّاهِرَةِ

- الكهرباء الثَّابِتَةُ ص ١٤٨
- المغناطيسية ص ١٥٤
- الصَّوْتُ ص ١٧٨
- حقائق ومعلومات ص ٤١٠



# المَحَرِّكاتُ الكهربائيَّة

تُشيرُ الإبهامُ إلى  
اتِّجاهِ حَرَكَةِ السَّلْكِ.

تُشيرُ السَّيْأَةُ إلى اتِّجاهِ  
المُجَالِ المغنطيسيِّ

تُشيرُ الوَسْطَى  
إلى اتِّجاهِ التَّيارِ  
الكهربائيِّ.

## قاعدةُ اليَدِ البُشريِّ

يُمكنكُ تحديداً اتِّجاهَ الحَرَكَةِ لِمَلِكٍ  
يَحْمِلُ تياراً كهربائياً في مُجالٍ  
مغنطيسيٍّ بتطبيقاتِ قاعدةِ اليَدِ البُشريِّ  
لِفِلْبِنْج. لِجَعْلِ الإبهامِ والسَّيْأَةِ  
وَالْوَسْطَى من أَصابعِ يَدِكَ البُشريِّ في  
وَضْعِ مُعَامِلٍ إِحداها مع الأخرى،  
كَمَا هُوَ مُبَيَّنٌ في الشَّكْلِ.

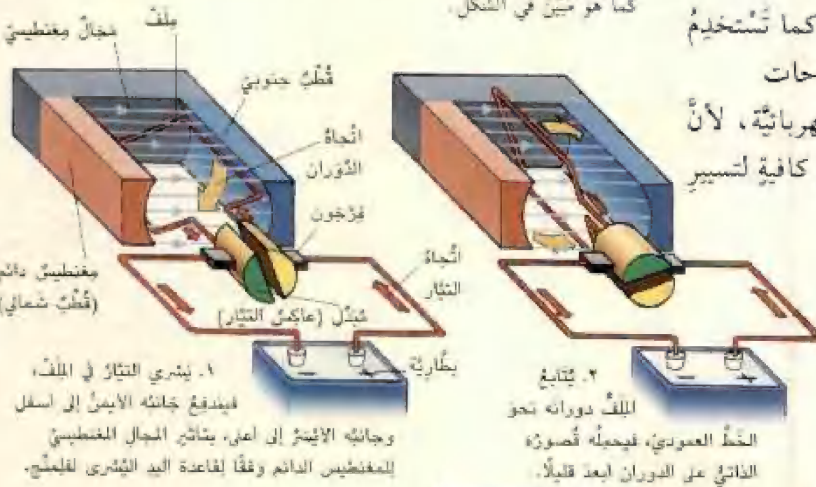
الكثيرُ من المَكِيناتِ التي نَسْتَخْدِمُها يَوْمياً تُشغَّلُ بِمُحَرِّكِ كهربائيٍّ.  
وهو مُحَرِّكٌ يحوِّلُ الطَّاقَةَ الكهربائيَّةَ إلى حَرَكَةٍ اعتمَداً على حَقِيقَةِ أَنَّ  
السَّلْكُ حَامِلُ التَّيارِ يُؤَلِّدُ مُجَالاً مغنطيسياً؛ وهو، في مُجالٍ  
مغنطيسيٍّ آخَرَ، يَتعرَّضُ لِقُوَّةٍ يُمكنُ أَنْ تُنتِجَ حَرَكَةً. المُحَرِّكاتُ  
الكهربائيَّةُ مَصادِرُ قُدْرَةٍ مُربِحةٍ لِأَنَّها نَظِيفَةٌ وَهادئةٌ نَوْعاً، وَمُتَعَدِّدةٌ  
الاستعمالات. لِذا تُستخدَمُ في تَشغِيلِ العَسَّالَاتِ وَالخَلَّاطاتِ  
والمُسجَلاتِ الفِيدْيُوَّةِ وَمعاوِزِ الأَسطواناتِ وغيرها. كما تُستخدَمُ  
السَّيارَاتُ مُحَرِّكاتٍ كهربائيَّةٍ لِنَدَى الحَرَكَةِ وتَشغِيلِ مَساحاتِ  
الرُّجَاجِ. لَكِنَّ قِلَّةً مِنَ السَّيارَاتِ فَقط تَعْمَلُ بِمُحَرِّكاتٍ كهربائيَّةٍ، لِأَنَّ  
البَطارِيَّةَ من حَجمِ عَمَلِيٍّ مَعقولٍ لا تُستطيعُ اخْتِزانَ طَاقَةٍ كافِيَةً لِتَسِيرِ  
سَيارَةٍ عَصريَّةٍ مَسافاتٍ طَويلةٍ.

## جوزيف هِنري

الفيزيائيُّ الأمريكيُّ جوزيف هِنري (١٧٩٧-١٨٥٨)  
قامُ بِاكتِشافاتٍ مُهمَّةٍ في مُجالاتِ الكهرومغنطيسيةِ.  
لَحَظَ تصاميمَ المَغانِطِ الكهربائيَّةِ، وَصَنَعَ أوَّلَ  
مُحَرِّكِ كهربائيٍّ عامَ ١٨٢٩. اسْتَطاعَ



بِمغنطيسيةِ الكهربائيِّ جَعَلَ  
دَراعا مُتَحَوِّراً يَتَرَجَّعُ  
مُتَوَكِّفاً وَهُوَ ظانٌّ.

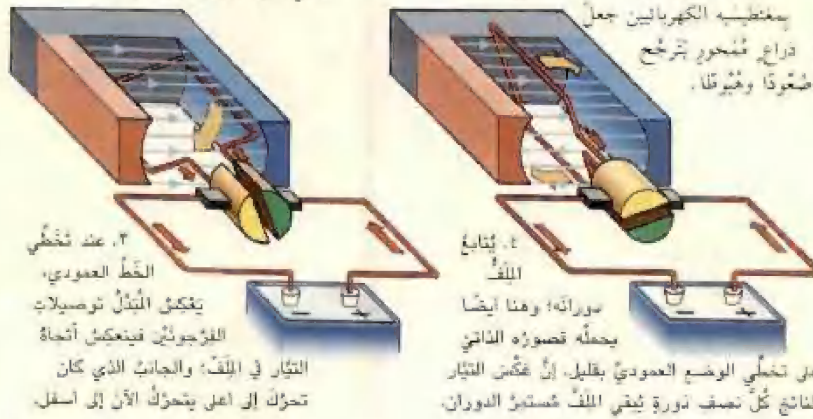


١. يُشِيرُ التَّيارُ في المِلَفِّ،  
فَيُبدِئُ حَركَتَهُ الأَمَامَ إلى أَسفَلَ  
وِجانبِهِ الأَيْمَنِ إلى أَعلى، بِتأثيرِ المُجالِ المغنطيسيِّ  
لِلْمَغْنَطِيسِ الدائمِ وَفَظاً لِقاعدةِ اليَدِ البُشريِّ لِفِلْبِنْج.

٢. يُتَابَعُ  
المِلَفُّ دَوْرانَهُ تَحَوُّ  
النَّقطَةِ العموديِّ، فَيَحْمِلُهُ قُصُورُهُ  
الذَّائِقُ عَنِ الدَّورانِ أَمَدٌ قَلِيلاً.

## مُحَرِّكٌ بَسيطٌ

في المُحَرِّكِ الكهربائيِّ البَسيطِ يَتَمُّ إِمدادُ المِلَفِّ  
بِتيارٍ مُستَمِرٍّ من قِصْبِيٍّ كَرَبُونٍ قَصرَينِ هِما  
الْفَرَجَوَانِ. يَتَغَيَّرُ البَلسَلُ بَيْنَ قُطْبَيِ مَغْنَطِيسٍ  
دائمِ شَمالِيٍّ وَجَنُوبِيٍّ، حَيْثُ يَعمَلُ نالُوهُ مُجَالِي  
المِلَفِّ وَالْمَغْنَطِيسِ الدائمِ عَلى دَفْعِ المِلَفِّ  
لِلدَّورانِ. وَلِإِمْواسِلَةِ الدَّورانِ، يَتَغَيَّرُ اتِّجاهُ  
التَّيارِ في المِلَفِّ كُلِّ نِصْفِ دَوْرَةٍ بِوَاسِطَةِ  
عاكِسٍ لِلتَّيارِ يُدعى المُبَدِّلُ. وَبِذَوْرانِ المِلَفِّ  
المُسْتَمِرِّ، يُدارُ المُحَرِّكُ.



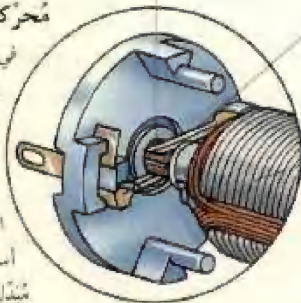
٣. عَندَ تَخَفُّفِي  
النَّقطَةِ العموديِّ،  
يَتَغَيَّرُ المِلَفُّ تَوَصِيلاً  
الْفَرَجَوَانِ فَيَتَغَيَّرُ اتِّجاهُ  
التَّيارِ في المِلَفِّ، وَالجانبُ الَّذِي كانَ  
تَحوِّكاً إلى أَعلى يَتَحوَّكُ الآنَ إلى أَسفَلَ.

٤. يُتَابَعُ  
المِلَفُّ  
دَوْرانَهُ؛ وَهنا أَيْضاً  
يَحْمِلُهُ قُصُورُهُ الذَّائِقُ  
عَنِ تَخَفُّفِي الوَضْعِ العموديِّ بِقَليلٍ، إِنَّ عَكْسَ التَّيارِ  
النَّاتِجِ كُلِّ نِصْفِ دَوْرَةٍ يُبْقِي المِلَفَّ مُسْتَمِرّاً الدَّورانِ.

يَتَلَقَّى المِلَفُّ الكَهْرَباءَ مِنَ الْفَرَجَوَانِ فَيَجْعَلُ  
المِلَفَّاتِ السَّلَكِيَّةَ تَتَابَعُ دَوْرانَها في الاتِّجاهِ الصَّحيحِ.

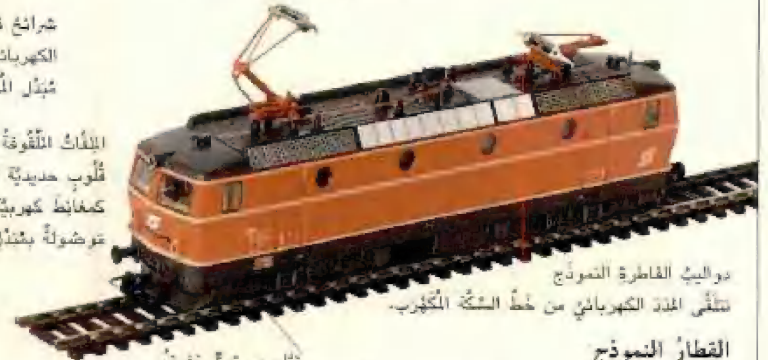
## مُحَرِّكاتُ مُتَعَدِّدةِ الأَقْطابِ

في المُحَرِّكِ البَسيطِ، تَكونُ قُوَّةُ التَّدْوِيرِ لِمَلَفِّ  
يَحْمِلُ تياراً هِما الأَشَدَّ عَندَما تَكونُ لِقائُهُ  
مُتَعامِلاً مَعَ المُجالِ المغنطيسيِّ،  
وَالأَضَعَفَ عَندَما تَكونُ لِقائُهُ مُتَعامِلاً مَعَ  
هَذا المُجالِ. لَكِنَّ مُعْظَمَ المُحَرِّكاتِ  
الكهربائيَّةِ تُحوِي عِدَّةَ مِلَفَّاتٍ تُنتِجُ قُوَّةَ تَدْوِيرٍ  
أَعلى، وَيُغذَّى التَّيارُ إلى المِلَفَّاتِ بِوَاسِطَةِ  
مُبَدِّلٍ مُتَعَدِّدِ القُطْعِ.



شَرائِخُ غِلَظِيَّةٌ تَوصِلُ المَدَّةَ  
الكهربائيَّةَ عَنِ خَطِّ الشَّكَةِ إلى  
مُبَدِّلِ المُحَرِّكِ.

المِلَفَّاتُ المُتَقَوِّمةُ حَولَ  
قُلُوبٍ حَدِيدِيَّةٍ تَعمَلُ  
كَمَغانِطٍ كهربائيَّةٍ، وَهِيَ  
تَوصِلُها بِمُبدِّلِ المُحَرِّكِ.



دَوَالِبُ القاطِرَةِ التَّموذِجِ  
تَتَلَقَّى المَدَّةَ الكهربائيَّةَ مِنَ خَطِّ الشَّكَةِ المُكْهَرَّبِ.

## القِطارُ التَّموذِجُ

يُسيرُ مُحَرِّكُ كهربائيٍّ هَذا القاطِرَةَ التَّموذِجِ. تَتَلَقَّى  
دَوَالِبُها الكَهْرَباءَ مِنَ خَطِّ الشَّكَةِ المُكْهَرَّبِ بِوَاسِطَةِ  
أَسلاكٍ تَصلُ الدَّوالِبَ بِشَرائِخِ غِلَظِيَّةٍ تَلامِسُ مُبَدِّلَ  
المُحَرِّكِ. هَناكَ وَحْدَةٌ تَحْكُمُ يُمكنُها تَغييرُ القاطِرَةِ  
التي يُغذَّى بِها خَطِّ الشَّكَةِ، وَبِأَرِفاعِ القاطِرَةِ يَشَدُّ  
التَّجَالُ المغنطيسيِّ لِمِلَفَّاتِ المُحَرِّكِ؛ وَهَذا يَفي  
قُوَّةً أَعلى لِلمُحَرِّكِ وَزِيادَةً في سَريعَةِ القاطِرَةِ.



بِمَغْنَطِيسٍ دائِمٍ يُؤَلِّدُ  
مُجالاً مَغْنَطِيسِيّاً  
تَدْوِمُ فِيهِ المِلَفَّاتُ  
السَّلَكِيَّةُ.

## لِزِيادَةِ المَعلوماتِ انظُرْ

- القُوَّةُ وَالْحَرَكَةُ ص ١٢٠
- المُحَرِّكاتُ ص ١٤٣
- الكَهْرَباءُ التَّيارِيَّةُ ص ١٤٨
- الكهرومغنطيسية ص ١٥٦
- حَقائِقُ وَمَعلوماتُ ص ٤١٠

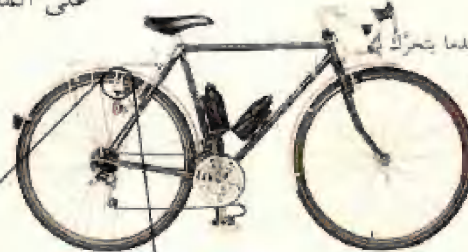


## المُولِّدات

تُشير الإبهام إلى  
اتجاه الحركة.تُشير السبابة إلى  
اتجاه المجال  
المغناطيسي.تُشير الوسطى إلى اتجاه  
سريان التيار المُتولد.

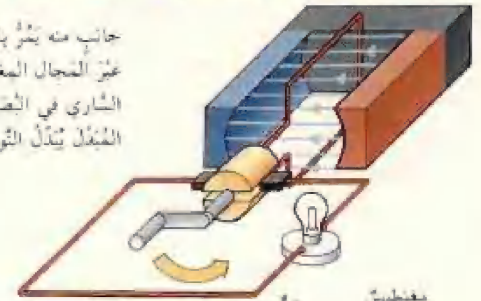
## قاعدة اليد اليمنى

يُمكّنك تحديد اتجاه سريان التيار المُتولد في موصلٍ عندما يتحرك عبر مجالٍ مغناطيسي بتطبيق قاعدة اليد اليمنى للبلدج، ففي وضع التعاضد الثلاثي لأصابع اليد اليمنى كما هو مبين، تُشير الإبهام إلى اتجاه الحركة، والسبابة إلى اتجاه المجال، والوسطى إلى اتجاه التيار المُتولد.



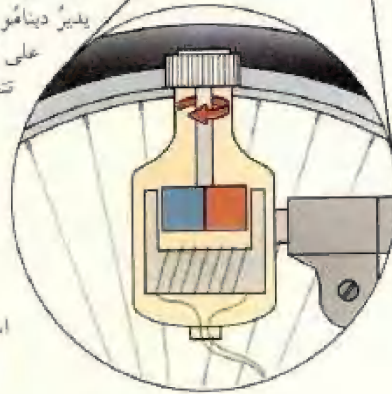
## مُولِّد التيار المُستمر

في مُولِّد التيار المُستمر هذا، يُدار الملفّ بين قطبي مغناطيس دائم، فيُعكس اتجاه التيار المُتولد في الملفّ كلّ نصف دورة، لأنّ كلّ جانبٍ منه يمرُّ بالتناوب مشوّقاً ثمّ مُهوّلاً عبر المجال المغناطيسي. وهكذا فإنّ التيار الشاري في البُنية هو تيارٌ مُستمر. لأنّ المُبدّل يُبدّل التوصيلات كلّ نصف دورة.



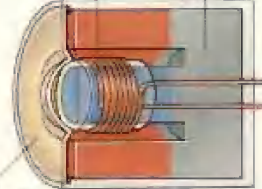
## دينامو الدراجة

يدير دينامو الدراجة دولاب صغير مُضرس يُضغَط على إطار عجلة الدراجة الخلفية. فعندما تتحرك الدراجة، تدور العجلة ويدور معها دولاب الدينامو المُضرس مُدوّماً مغناطيساً دائماً قريباً ملفّ ملفّ مغناطيس حديد. ويُغيّر المجال المغناطيسي للمغناطيس الدائم، تيّزّل الكهرباء في أسلاك الملفّ - أي إنّ التأثير الكهرومغناطيسي استحثّ فُلتية في الملفّ.



## المُتَوَب

المُولِّد الذي يُنتج تياراً مُتردّاً يُدعى المُتَوَب. ففي السدّوح البسيط المُقابل، يَدُومُ ملفّ سلكي بين قطبي مغناطيس دائم، فيتولّد تيارٌ في السلك يُخلل إلى البُنية بواسطة فُرجتي الكربون. ويتناوب التيار الشاري في الملفّ والبُنية (مُتغيّراً اتجاهه) باستمرار، فيُنتج تياراً مُتواوياً أو مُتردّاً.

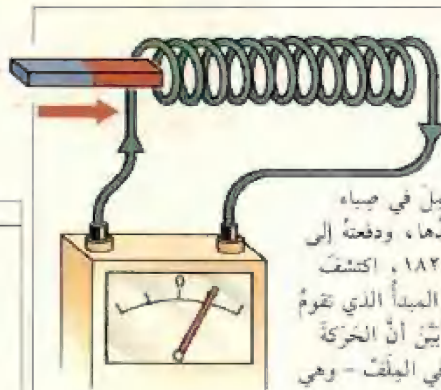
يتولّد التيار المُستمر في بُنية شري  
تُشري بالتيار واحد فقط.يتولّد التيار المُتَوَب في تَولّجات شري  
أولاً بالتيار، ثمّ في الاتجاه العاكس.

## ميكروفون ذو ملفّ مُتحرّك

يُولّد الميكروفون إشارات كهربائية من الأمواج الصوتية. ففي الميكروفون ذي الملفّ المُتحرّك، تصدّم الأمواج الصوتية الرقّ فتُحرّك ملفاً مُوطّئاً بين قطبي مغناطيس دائم. وهكذا فإنّ الفُلتية المُنتجة في الملفّ تتغيّر شدّة وتردّدًا تبعاً لشدّة وتردّد الأمواج الصوتية.

## مايكل فارادي

مايكل فارادي (1791-1867) ابنٌ حدّاد إنكليزي. عمل في صباه كمنجّلي كُتب، فاستهوته الكتب العلمية التي كان يُجلّدها، ودفعته إلى دراسة الفيزياء فأنجز فيها أكتشافاتٍ عدّة. في عام 1821، اكتشف فارادي إمكانية إنتاج حركةٍ دورانيةٍ بالكهرباء - وهي المبدأ الذي يقوم عليه المُحرّكات الكهربائية اليوم. وفي عام 1831، بين أنّ الحركة المُنتجة بين مغناطيس وملفّ يُمكنها أن تُستحثّ الكهرباء في الملفّ - وهي الفكرة التي أدت إلى إنتاج المُولِّدات الكهربائية الحديثة.



## لمزيد من المعلومات انظر

- الطاقة النووية ص 136
- المُحرّكات ص 153
- الكهرومغناطيسية ص 156
- إحداث الصّوت وسنّاعه ص 182
- القنيد الكهرومغناطيسي ص 192



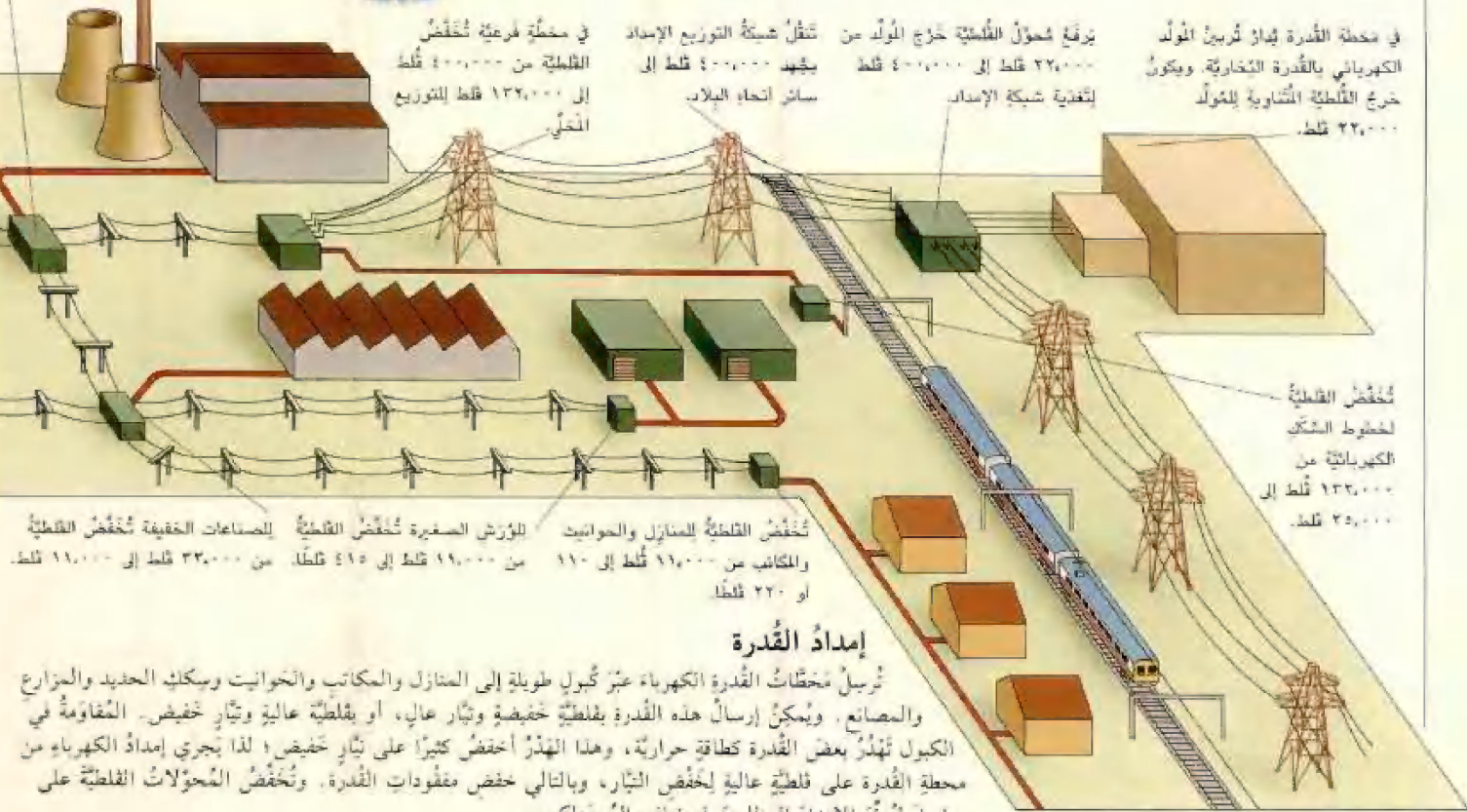
# الإمداد الكهربائي

## أبراج القدرة

الطريقة الأقل تكلفة لتوزيع الجول الكهربائي في طول البلاد وعرضها هي تعليقها من أعمدة ترعيت، وتعمل الجول عن محابلهما جيداً لمنع سرور التيار إلى الأبراج. وفي البذل يجري توزيع الجول غالباً في أنابيب مقنونة.



للصناعات الثقيلة تخفيض الفلطية من ١٣٢,٠٠٠ فلت إلى ٢٢,٠٠٠ فلت.

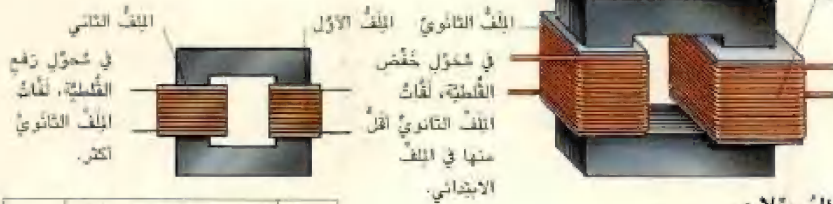


## إمداد القدرة

تُرسل محطات القدرة الكهرباء عبر جول طويلة إلى المنازل والمكاتب والمحلات وبسكنه الحديد والمزارع والمصانع. ويمكن إرسال هذه القدرة بفلطية خفيفة وتيار عالٍ، أو بفلطية عالية وتيار خفيف. المقاومة في الجول تهدر بعض القدرة كطاقة حرارية، وهذا الهدر أخفض كثيراً على تيار خفيف؛ لذا يجري إمداد الكهرباء من محطة القدرة على فلطية عالية ليخفف التيار، وبالتالي خفض مفقودات القدرة. وتخفف المحولات الفلطية على مراحل لتوفر الإمداد المطلوب لمختلف المستهلكين.

فلت حديدي

الملف الابتدائي



## المحولات

يتوجت خفض الفلطيات العالية من الجول بالمحولات إلى مستويات الاستخدام في البيوت. يتألف المحول البسيط من ملفين سلكيين ملفوفين حول القلب الحديدي نفسه. الفلطية المتناوبة المسيطرة على الملف الابتدائي في المحول تولد مجالاً مغناطيسياً متغيراً في القلب الحديدي؛ وهذا يستجيب فلطية متناوبة في الملف الثانوي.

## نقولا تسلا

عام ١٨٨٧، سجل المخترع الأمريكي نقولا تسلا (١٨٥٦-١٩٤٣) براءة اختراع لمنظومة توليد وتوزيع للتيار المتناوب تموقت على منظومة رئيسه السابق توماس أديسون لتوليد التيار المستمر. وكان الرجلان مرشحين لنيل جائزة نوبل مشاركة بينهما عام ١٩١٢، لكن تسلا رفض أن يكون له أية علاقة بأديسون - فلم تمنح الجائزة لأي منهما.



## لمزيد من المعلومات انظر

- الغلايات الوضعية ص ٣٨
- الشغل والطاقة ص ١٣٢
- مصادر الطاقة ص ١٣٤
- الخلايا والبطاريات ص ١٥٠
- المولدات ص ١٥٩
- حقائق ومعلومات ص ٤١٠



# الكهرباء في البيت

## صَمَجَةُ الثَّوَرِ الكهربائي

تُصَنَّمُ مُعْظَمُ الصَّمَجَاتِ الكهربائيَّةِ سِلْكًا رَافِعًا مِنَ التَّنَجِّشِ يُدْعَى الْفَتِيلَةُ، مُرَقَّبًا دَاخِلَ بُضَيْلَةٍ رِجَالِيَّةٍ مُحَكَّمَةٍ الشَّدِّ. فَعِنْدَمَا يَسْرِي الثَّيَّارُ فِيهَا تَتَوَهَّجُ الْفَتِيلَةُ لِدَرَجَةِ الْإِيضَاعِ وَتَسْتَطِيعُ بِالْوَرْدِ. وَالْفَتِيلَةُ تَدُومُ طَوِيلًا دُونَ أَنْ تَحْتَرِقَ، لِأَنَّ الصَّمَجَةَ لَا تَحْوِي الْأَكْسِجِينَ (الَّذِي يَلْزَمُ لِلْحَرِيقِ).



الَّذِينَ تُنَاجُ لَهُمُ الْكهرباءُ بِكَيْسَةٍ زَرٍّ أَوْ بِإِدَارَةٍ مَقْلَادٍ (مِفْتَاح) قَدْ يَتَنَاسَوْنَ مِقْدَارَ اعْتِمَادِ الْإِنْسَانِ الْمُعَاوِرِ عَلَى الْكهرباءِ. فَالْإِمْدَادُ الكهربائي، الْآتِي مِنْ مَحْطَّةٍ قُدْرَةٍ نَائِيَّةٍ، يُسَيِّرُ أُمُورَ بَيُوتِنَا؛ وَإِذَا مَا طَرَأَ عَطْلٌ يَوْفِقُهُ، تُشْعُرُ كَمَّ هِيَ الْحَيَاةُ صَعْبَةٌ بِدُونِهِ. فَالْعِدِيدُ مِنْ وَسَائِلِ الْعَيْشِ وَأَجْهَازَةِ الْمَنْزِلِ يَتَعَطَّلُ - تَتَفَلَّطُ الْأَنْوَارُ، فَتَلْمَسُ الشَّمْعُ؛ التَّلْفَازُ لَا يَعْمَلُ، فَتَلْجَأُ إِلَى رَادِيوٍ بِطَارِيَّةٍ لِتَسْمَعَ الْأَحْدَاثَ؛ وَالدَّقَائِيَّاتُ وَالْبَرَّادَاتُ وَالمَكِيَّاتُ وَالعَسَالَاتُ وَالجَلَّالِيَّاتُ وَالمُجَفِّفَاتُ وَالْأَفْرَانُ الكهربائيَّةُ تَعْجِزُ عَنْ أَدَاءِ وُظَائِفِهَا؛ وَالْكُلُّ يَنْتَظِرُونَ الْفَرَجَ بِعُودَةِ الثَّيَّارِ الكهربائيِّ إِلَى الْبَيْتِ!

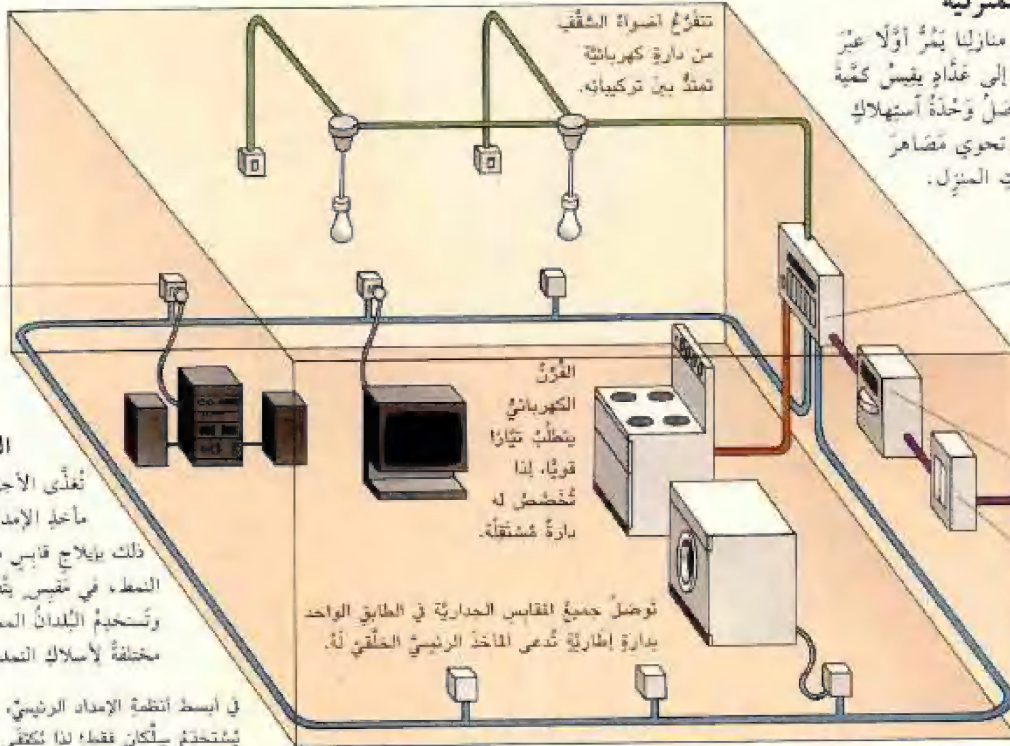
## الدَّارَاتُ الكهربائيَّةُ الْمَنْزِلِيَّةُ

الْإِمْدَادُ الكهربائيُّ الْوَارِدُ إِلَى مَنَازِلِنَا يَمُرُّ أَوَّلًا عَنَّا مُضَاهِرٌ رَاسِيَّةٌ؛ وَمِنْهَا يَسْرِي إِلَى عَدَدٍ يَفِيسُ كَمِّيَّةُ الْكهرباءِ الَّتِي نَسْتَهْلِكُهَا. وَتُوصَلُ وَحْدَةٌ اسْتِهْلَاكِ فِي الْجَانِبِ الْآخَرِ مِنَ الْعَدَدِ تَحْوِي مُضَاهِرَ (أَوْ قَوَاعِطَ دَارَاتٍ) تَقِي دَارَاتِ الْمَنْزِلِ.

تَحْوِي وَحْدَةُ الاسْتِهْلَاكِ مُضَاهِرًا أَوْ قَوَاعِطَ دَارَاتٍ تُغْذِي الدَّارَاتِ الكهربائيَّةَ الْمُخْتَلِفَةَ فِي الْبَيْتِ. الْوَحْدَةُ الْمُصْمَعَةُ لِاسْتِهْلَاكِ مُضَاهِرٍ فَقَطْ تُدْعَى غَلْبَةُ الْمَضَاهِرِ.

يَقِيسُ الْعَدَدُ الكهربائيُّ كَمِّيَّةَ الطَّاقَةِ الكهربائيَّةِ الْمُسْتَهْلَكَةِ.

الْإِمْدَادُ الرَّاسِيُّ الْوَارِدُ بِقِلْطِيَّةٍ مِقْدَارُهَا ١١٠ أَوْ ٢٢٠ قِلْطٍ يَمُرُّ أَوَّلًا عَنَّا عَصَاوِزَ قُوَّةٍ الْاحْتِمَالِ.



تَتَفَرَّغُ أَضْوَاءُ الشَّقْفِ مِنْ دَارَةٍ كهربائيَّةٍ تَمْتَدُّ بَيْنَ تَرْكِييَاتِهِ.

أَجْهَازَةٌ مُخْتَلِفَةٌ تُغْذَى مِنَ الْقَابِيسِ الْجِدَارِيَّةِ.

## القَوَابِيسُ وَالْمَقَابِيسُ

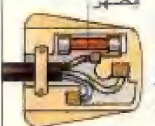
تُغْذَى الْأَجْهَازَةُ الكهربائيَّةُ مِنَ مَخَاِلِ الْإِمْدَادِ الكهربائيِّ. وَيَتِمُّ ذَلِكَ بِإِلَاحِاقِ قَابِيسٍ مِنَ الْجِهَازِ، مُتَوَافِقٍ الْمَنْطِقِ، فِي مَقَابِيسٍ بِتَصَلُّ بِمَخَاِلِ الْإِمْدَادِ. وَتُسْتَعْمَلُ الْبُلْدَانُ الْمُخْتَلِفَةُ أَنْوَاءَ زِمْرِيَّةٍ مُخْتَلِفَةٍ لِأَسْلَاكِ التَّعْدِيدَاتِ الكهربائيَّةِ.



فِي أَيْسَرِ أَنْظَمَةِ الْإِمْدَادِ الرَّاسِيَّةِ، يُسْتَعْمَلُ سِلْكٌ قَلْبَاءٌ لَدَا يُكْتَفَى بِالْقَوَابِيسِ ذَاتِ الْمِسْمَارَيْنِ وَمَقَابِيسِهَا.



فِي الْعِدِيدِ مِنَ أَنْظَمَةِ الْإِمْدَادِ الرَّاسِيَّةِ مُتَنَالَفٌ سِلْكٌ ثَالِثٌ يُدْعَى سِلْكُ التَّارِيضِ. وَيُوصَلُ هَذَا بِقَضَيْبٍ مُعَدَّةٍ شُرُوضَ، لِضَمَانِ عَدَمِ حَصُولِ صَدْمَةٍ كهربائيَّةٍ يُمْكِنُ أَنْ تُحْدِثَهَا أَجْزَاءُ مَكْشُوفَةٌ مُكَهَّرَةٌ فِي الْجِهَازِ.



بَعْضُ الْقَوَابِيسِ مُزَوَّدَةٌ بِمُضَاهِرٍ. فَإِذَا زَادَ التَّيَّارُ السَّارِي فِي الْجِهَازِ عَنِ الْحَدِّ الْمَقْضُوعِ، يَنْصَبِرُ مَصْهَرُ الْقَابِيسِ، وَيَسْلَمُ الْمَصْهَرُ (أَوْ قَوَاعِطُ الدَّارَةِ) الرَّاسِيَّةِ فِي وَحْدَةِ الاسْتِهْلَاكِ، فَتَبْقَى الْقُدْرَةُ مُتَفَاتِحَةً فِي الْمَقَابِيسِ الْآخَرَى.

## لَمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انظُرْ

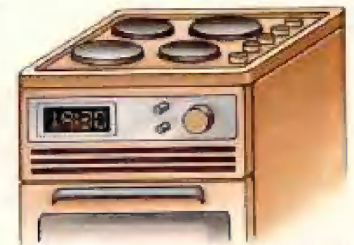
- الشَّغْلُ وَالطَّاقَةُ ص ١٣٢
- الْكهرباءُ الثَّيَّارِيَّةُ ص ١٤٨
- الْخَلَايَا وَالبَّطَارِيَّاتُ ص ١٥٠
- الدَّارَاتُ الكهربائيَّةُ ص ١٥٢
- مُضَاهِرُ الضَّوِّ ص ١٩٣
- حَقَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤١٠

يُتَحَصَّرُ هَذَا الشَّلْكُ مُنْفَعَتُ الدَّارَةِ الكهربائيَّةِ.

الْمَصْهَرُ سِلْكٌ، دَاخِلٌ غِلَافٍ عَازِلٍ، يُؤَلِّفُ الْخَلْفَةَ الْأَضْعَفُ فِي الدَّارَةِ الكهربائيَّةِ. وَهُوَ يَنْصَبِرُ أَوْ يَحْتَرِقُ بِأَمَانٍ عِنْدَ الارتفاعِ الْمَقْرُوعِ لِلتَّيَّارِ. وَالْمَصَاهِرُ مُتَوَافِرَةٌ بِقِيَاسَاتٍ مُخْتَلِفَةٍ لِاحْتِمَالِ تِيَارَاتٍ مُخْتَلِفَةِ الشَّدَّةِ.

## وَقَايَةُ الدَّارَةِ الكهربائيَّةِ

قَدْ تَسَبَّبَتْ الْكهرباءُ عَرَفًا بِالْحَرِاقِ لِقَرَطِ إِحْمَاءِ أَحَدِ الْأَسْلَاكِ حَتَّى دَرَجَةِ الْأَحْجَارِ. وَيَحْدُثُ هَذَا غَالِبًا سَبَبُ غَطْلِ يَفْضَرُ الدَّارَةَ فَتَجَاوِزُ الثَّيَّارُ السَّارِي الْخُدَّ الْمَسْمُوحَ بِهِ. وَلِيَمْنَعُ خُدُوثَ ذَلِكَ تُوقَى الدَّارَاتُ الْمَنْزِلِيَّةُ بِالتَّضَاهِرِ أَوْ الْقَوَاعِطِ الَّتِي تَقْطَعُ الثَّيَّارَ إِذَا مَا بَلَغَتْ شِدَّتُهُ حَدَّ الْخَطَرِ.



## الْقُدْرَةُ وَالطَّاقَةُ

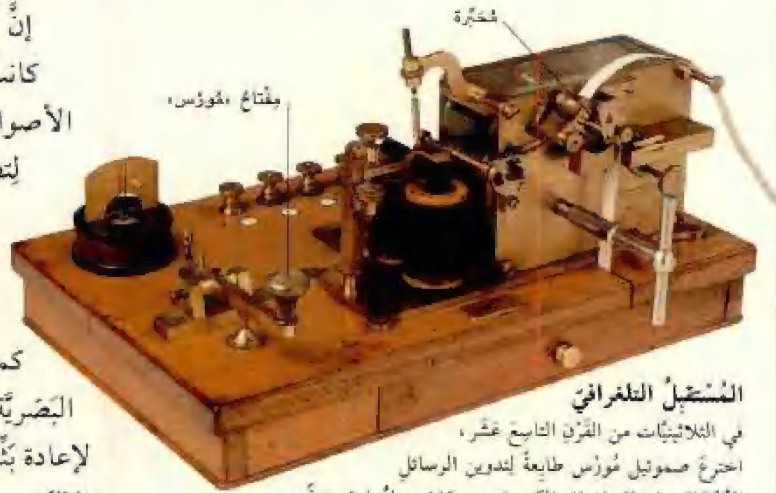
الْقُدْرَةُ، أَيْ مَقْدَرُ اسْتِخْدَامِ الطَّاقَةِ، تُقَاسُ بِالْوَاطِ. فَعِنْدَمَا تَسْرِي الْكهرباءُ فِي مُقَاوِمٍ، يُحْكِنُ احْتِسَابُ الْقُدْرَةِ بِضَرْبِ اللَّاعِلِيَّةِ فِي شِدَّةِ الثَّيَّارِ. فَإِذَا كَانَتْ شِدَّةُ الثَّيَّارِ ٤ أَمْبِيرٍ فِي دَارَةٍ مَوْقُوعَةٍ بِعَمَلٍ عَلَى قِلْطِيَّةِ ٢٢٠ قِلْطٍ، تَكُونُ الْقُدْرَةُ ٨٨٠ وَاطٍ. أَمَّا مُجْمَلُ الطَّاقَةِ الْمُسْتَهْلَكَةِ، فَهُوَ حَاصِلُ ضَرْبِ الْقُدْرَةِ فِي زَمَنِ تَشْغِيلِ الْمَوْقِدِ. فَهِيَ مُدَّةُ سَاعَتَيْنِ مَثَلًا، يَسْتَهْلِكُ التَّوَقُّدُ ٢ × ٨٨٠ = ١٧٦٠ وَاطٍ سَاعَةً، أَيْ ١,٧٦ كيلوواط سَاعَةً.

قَوَاعِطُ الدَّارَةِ مَقْلَادٌ كَهْرْمَغْنِطِيٌّ يَقْطَعُ الثَّيَّارَ عِنْدَمَا تَتَجَاوَزُ شِدَّتُهُ الْخُدَّ الْمَسْمُوحَ بِهِ.



## الاتصالات البُعادية

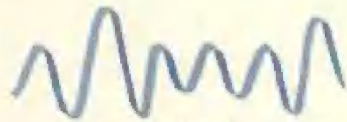
إنَّ أعجوبة التَّكَلُّمِ معَ شَخْصٍ يَبْعُدُ عَنْكَ أُلُوفَ الكِيلُومِترَاتِ مَا كَانَتْ تَتَحَقَّقُ بِدُونِ الكَهْرِبَاءِ . فَالْأَجْهَزةُ الإِلِكْتَرُونِيَّةُ تَحَوِّلُ الأصْوَاطِ وَالصُّوَرِ إِلَى كَهْرِبَاءٍ تَقْطَعُ الْمَسَافَاتِ الطَّوِيلَةَ بِسُرْعَةِ الْهَرَقِ لِتَصِلَ إِلَى مَكَانٍ آخَرَ حَيْثُ يُعَادُ تَحْوِيلُهَا إِلَى أَصْوَاطٍ وَصُورٍ بِوَسْطَةِ مُعَدَّاتٍ أُخْرَى كَهْرِبَائِيَّةِ التَّشْغِيلِ . وَتَنْتَقِلُ يَوْمِيًّا كَمِّيَّاتٌ ضَخْمَةٌ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ ذَهَابًا وَإِيَابًا عَبْرَ الْخَطوطِ التِّلْفُونِيَّةِ كَرِسَائِلَ نَاسُوحِيَّةٍ (بَالْفَاكْسِ) أَوْ كَمَكَالِمَاتٍ هَاتِفِيَّةٍ . كَمَا يُمَكِّنُ إِرسَالُ الْمَعْلُومَاتِ أَيْضًا كَضَوْءٍ فِي كَبُورٍ مِنَ الْأَلْيَافِ الْبَصْرِيَّةِ ، أَوْ كَامَوَاجٍ رَاديُوِيَّةٍ إِلَى سَاتِلِ مُوَاصِلَاتٍ فِي أَعَالِي الْفَضَاءِ لِإِعَادَةِ بَثِّهَا إِلَى طَبَقٍ مُسْتَقْبِلٍ . هَذَا وَيُمَكِّنُ تَوَاصُلَ الْحَوَاسِبِ وَالْمَكِينَاتِ الإِلِكْتَرُونِيَّةِ عَبْرَ خُطُوطِ التِّلْفُونِ . إِنَّ جَمِيعَ أَنْوَاعِ الْاتِّصَالَاتِ هَذِهِ يَلْزِمُهَا عَنَاصِرٌ ثَلَاثَةٌ : مُرْسِلٌ لِإِرْسَالِ الْمَعْلُومَاتِ ، وَوَسِيطٌ يَحْمِلُ الْإِشَارَاتِ ، وَمُسْتَقْبِلٌ يُحَوِّلُ الْإِشَارَاتِ ثَانِيَةً إِلَى شَكْلِ يُمْكِنُ فَهْمُهُ .



### المُسْتَقْبِلُ التِّلْفَرَاغِيّ

فِي الثَّلَاثِيَّاتِ مِنَ الْقَرْنِ الثَّانِي عَشَرَ ، اخْتَرَعَ صَمُوئِيلُ مُورْسُ طَائِعَةً لِنَدْوِينَ الرِّسَالَةِ الشَّرْسِلَةَ بِوَسْطَةِ تِلْفَرَاغِهِ الْكَهْرِبَائِي . وَكَانَ عِمَادُهَا شَرِيعَةً مِنَ الْوَرَقِ الْعَادِيّ تَتَحَرَّكُ بِطَوِّ عَبْرَ الْمَكْنَةِ لِتَشْجُلَ عَلَيْهَا شَفْرَةُ مُورْسِ ، الْمُؤَلَّفَةُ مِنْ نَقْطٍ وَشَرَطٍ . عِنْدَ كُلِّ نَبْضَةٍ مِنْ نَبْضَاتِ الْتَّيَّارِ الْمُسْتَقْبِلِ بِوَسْطَةِ دَوَلَابٍ مُخْبِرَةٍ يُحَرِّكُهُ مَغْنَطِيسٌ كَهْرَبِي . وَكَانَ الْعَامِلُونَ يَسْتَحْدِمُونَ مِفْتَاحَ مُورْسِ لِإِرْسَالِ الْإِشَارَاتِ ؛ فَكَانَ ضَغْطُ الْمِفْتَاحِ فِي مَحْطَةِ الْإِرْسَالِ أَذِيْنًا بِسَرِيانِ الْتَّيَّارِ لِتَشْجِيلِ الدَّوَلَابِ الشَّخْبَرِ (أَوْ الذَّرَاعِ الْتَّكَاكِ) فِي مَحْطَةِ الْاسْتِقْبَالِ لِتَقْلُ الرِّسَالَةَ آتِيًا .

تُرْسَلُ شَفْرَةُ مُورْسِ كَمَجْمُوعَةٍ مِنَ النُّقْطِ وَالشَّرَطِ الْمُسْتَحْضَةِ الَّتِي تَمَثِّلُ الْأَعْدَادَ وَالْحُرُوفَ الْهَاتِفِيَّةَ . هُنَا تَمُ طَبَقُ الْعَدَدَيْنِ ١ وَ ٢ .



### جهاز التلفون

عِنْدَمَا تُدِيلُ قُرْصَ التِّلْفُونِ أَوْ تُضَغْطُ أَزْوَاجُهُ ، تُرْسَلُ سِلْسَلَةٌ مِنَ الْإِشَارَاتِ الْكَهْرِبِيَّةِ إِلَى أَجْهَزةٍ أَوْتُمَاتِيَّةٍ تَوْصِلُكَ بِالْخَطِ الْمُنَادِي . فَيُفْشِرُ جَرَسُ التِّلْفُونِ فِي الْغُرْفِ الْآخَرِ . وَعِنْدَمَا تَتَكَلَّمُ ، يُحَوِّلُ مِيكْرُوفُونُ الْإِرْسَالِ فِي هَاتِفِكَ أَمَوَاجَ الصَّوْتِ إِلَى إِشَارَاتٍ كَهْرِبِيَّةٍ تُرْسَلُ إِلَى مُسْتَقْبِلِ الْهَاتِفِ الْمُنَادِي عَلَى الْغُرْفِ الْآخَرَ مِنَ الْخَطِّ . وَالْمُسْتَقْبِلُ فِيهِ يُعِيدُ تَحْوِيلَ الْإِشَارَاتِ الْكَهْرِبِيَّةِ إِلَى أَمَوَاجٍ صَوْتِيَّةٍ .

### ميكروفون الهاتف

كثيرٌ مِنْ أَجْهَزةِ التِّلْفُونِ يُحَوِّي مِيكْرُوفُونًا كَرْبُونِيًّا (يُدْعَى أَيْضًا الْمُرْسِلُ) يُحَوِّلُ أَمَوَاجَ الصَّوْتِ إِلَى إِشَارَاتٍ كَهْرِبِيَّةٍ . وَتَوَاجَدُ دَاجِلُ الْمُرْسِلِ كَمُسْتَوَلَةٍ تَحْوِي خُشْبِيَّاتٍ كَرْبُونِيَّةٍ . فَعِنْدَمَا تَتَكَلَّمُ ، يَهْتَزُّ رَقٌّ لَدَانِيٍّ يَقْعِلُ الْأَمَوَاجَ الصَّوْتِيَّةَ ، فَيَدْفَعُ تِلْكَ الْخُشْبِيَّاتِ بَعْضُهَا نَحْوَ بَعْضٍ فَتَتَحَقِّضُ مَقَاوِمُهَا . وَهَكَذَا يَتَغَيَّرُ الْتَّيَّارُ الشَّارِي عَبْرَهَا بِالنَّمطِ نَقْبِهِ الَّذِي تَحْدُثُ فِيهِ تَغْيِيرَاتٌ الصَّوْتِ الْمُسَيَّئَةُ لِتِلْكَ الْإِهْتِرَازَاتِ . وَهَذَا الْتَّيَّارُ الْمَتَغَيِّرُ يَحْمِلُ الْإِشَارَاتِ الصَّوْتِيَّةَ إِلَى الْمُسْتَقْبِلِ فِي الْجِهَازِ التِّلْفُونِيّ الْآخَرَ .



### المُسْتَقْبِلُ التِّلْفُونِيّ

يُحَوِّلُ الْمُسْتَقْبِلُ التِّلْفُونِيّ الْإِشَارَاتِ الْكَهْرِبِيَّةَ الْوَارِدَةَ إِلَى أَصْوَاطٍ . تَمُرُّ الْإِشَارَةُ عَبْرَ مَغْنَطِيسٍ كَهْرَبِيٍّ فِيهِ يَجْذِبُ قُرْصًا حَدِيدِيًّا يُسَمَّى الرِّقُّ . وَمَعَ تَغْيِيرِ شِدَّةِ الْإِشَارَةِ ، يَتَغَيَّرُ جَذْبُ الْمَغْنَطِيسِ لِلرِّقِّ فَيَهْتَزُّ ، وَتَنْتَقِلُ الْإِهْتِرَازَاتُ عَبْرَ الْهَوَاءِ كَامَوَاجٍ صَوْتِيَّةٍ تَسْمَعُهَا كَلَامًا وَاضِحًا .

### الإذاعة

الْإِشَارَاتُ الْمُنَادِيَّةُ هِيَ نَبْضَاتٌ كَهْرِبِيَّةٌ بَسِيطَةٌ أَوْ مَزِيْجٌ مِنَ النَّمْعَاتِ . وَالْأَجْهَزةُ الْإِلِكْتَرُونِيَّةُ فِي مَقْصِفِ الْبَثِّ (الْبَثْرَالِ) تَعْدُ النَبْضَاتِ أَوْ تَتَغَيَّرُ النَّمْعَاتِ فَتُصَلِّكُ بِالْخَطِّ الْهَاتِفِيّ الْمَطْلُوبَ .

كَلَّمَا تُدِيلُ رَقًّا تَعْمَلُ الْمَقَاتِيْعُ الْمَدَالِةُ فَوْزًا عَلَى إِرسَالِ النَبْضَاتِ إِلَى مَقْصِفِ الْبَثِّ .

يَعْمَلُ أَجْهَزةُ التِّلْفُونِ نَابِ الْأَزْوَاجِ الْإِتِّصَافِيَّةِ تُرْسِلُ مَزِيْجًا مِنَ النَّمْعَاتِ الْمُنْتَبِذَةِ لِكُلِّ رَدٍّ - وَيُمْكِنُكَ سَمَاعُهَا عِنْدَ ضَغْطِ كُلِّ رَدٍّ عَلَى جَنْبِهَا .







# الراديو

الطول الموجي أطول على الترددات  
الخفيفة، ويمكن قياسه بالمدى  
بين دروتي موجتين.

الطول الموجي أقصر على  
الترددات العالية.

أمواج طويلة من ١٠٠٠ إلى ١٠ آلاف متر، التردد ٣٠٠ إلى ٣ كيلومترز	أمواج متوسطة من ٣٠٠ إلى ١٠٠٠ متر التردد ٣ ميغاهرتز إلى ٣٠٠ كيلومترز	أمواج قصيرة الطول ١٠ إلى ١٠٠ متر، التردد ٣٠ إلى ٣ ميغاهرتز	أمواج عالية التردد، الطول من ١ إلى ١٠ أمتار، التردد من ٣٠٠ إلى ٣٠٠٠ ميغاهرتز	أمواج فائقة التردد، الطول من ١٠ سم إلى متر، التردد من ٣٠٠٠ إلى ٣٠٠ ميغاهرتز
---	--	---	--	---

## غوليلمو ماركوني

كان المهندس الإيطالي غوليلمو ماركوني (١٨٧٤-١٩٣٧) أول من استخدم الأمواج الراديوية في منظومة عملية لإرسال الإشارات. ففي العام ١٨٩٦، سجل ماركوني براءة اختراع نظام تلغرافي يرسل الإشارات عبر الهواء كدقائق من الأمواج الراديوية. ولما لم يكن هنالك أسلاك بين الأجهزة المستقبلية، عرفت هذه التقنية بالـ"تلفزيون اللاسلكية".



عندما تستمع إلى الراديو، يلتقط جهازك المحطة المُختارة من بين ألوف المحطات الإذاعية التي تصله. تنتقل الإشارات الراديوية كأموح غير مرئية عبر الهواء أو عبر مواد أخرى أو في الفراغ بسرعة تُعادل سرعة الضوء (٣٠٠ ألف كيلومتر في الثانية في الفراغ). تُستخدم الأمواج الراديوية بصورة رئيسية في حمل الأصوات والصُور للبث الإذاعي أو للاتصالات الخاصة. فالأخبار التي كانت تستغرق أشهرًا لتبلغ الأماكن النائية في العالم، تنتقل اليوم بأقل من ثانية بواسطة الأمواج الراديوية المُرتدة من سواحل الاتصالات في الفضاء. تتولد الأمواج الراديوية بواسطة دائرة تحمل تيارًا سريع الذبذبة، وتجرى بثها الأفضل من هوائيات إرسال مُقامة على أماكن عالية أو على التلال.

تنتقل الموجة الحاملة  
بسرعة وتردد ثابتين.

تتغير الإشارة الصوتية  
سرعة وترددًا.

إشارة راديوية مُضغوطة الشدة، لقد تغيرت شدة الموجة الحاملة (ضُغطت) كما يتبين من تغيرات حجمها.

إشارة راديوية (إف إم) هنا تغير (ضُغطت)  
تردد الأمواج الراديوية.

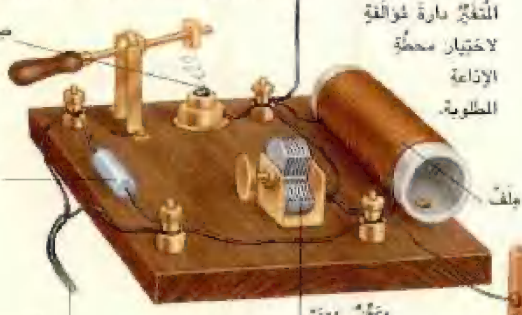
يُخلط الهوائي الشكلي جميع الأمواج  
الراديوية المُستقلة إلى إشارات كهربائية.

يؤلف الملف والمكثف  
التغذية دارة لولاعة  
لاختيار محطة  
الإذاعة  
المطلوبة.

صنّام ثنائي  
(دايود)  
بلوري

مكثف

شحن سقاعة  
الأذن الإشارة  
الصوتية.



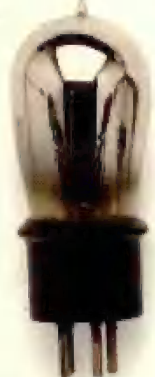
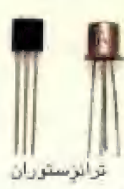
مكثف مُتغير  
دارة الدايود البلوري والمكثف تتبّع الذبذبات  
الصوتية وتستخلصها من الإشارة المُرسلة.

سلك تاربيض  
موصول  
بأنبوب المياه

## التضمين

التضمين هو تحميل الأمواج الراديوية أصواتًا (أو إشارات أخرى). فالإشارة الصوتية تجعل الإشارة الراديوية المقتردة (الموجة الحاملة) تتغير بشكل ما. ففي تضمين السعة (إي إم) تتغير سعة (أي شدة) الموجة الحاملة؛ أما في تضمين التردد (إف إم)، فتردد الموجة هو الذي يتغير. والمعروف أن الإرسال بتضمين التردد (إف إم) أقل تأثرًا بالقطاعات والتداخلات الأخرى.

صنّام



## التضمين

معظم أجهزة الراديو القديمة كانت تحوي صنّامات يُضخم الإشارات المُستقبلة. ثم حلت الترانزستورات محل الصنّامات، فأصبح بالإمكان إنتاج أجهزة راديو بالغة الصغر.

جهاز بلوري حتى عهد قريب، كان كثير من الهواة يلتفتون البث الإذاعي بأجهزة ذات مكشاف بلوري. وكان نمط الجهاز البلوري الشائع في حينه ذا بلورة من العالينا (كبريتيد الزنك)، ومُلامس ملكي مُشدق الظرف (يُدعى شارب الهر). فالمُلامس والبلورة يعملان كدايود في دائرة مكشاف الجهاز يُبين الذبذبات الصوتية واستخلاصها من الإشارة الراديوية المُرسلة.

الراديو  
١٨٦٣ جيمس كلازك ماكسويل يقترح  
تفسيرًا على أمس رياضية لطواهر  
الأمواج الكهرومغناطية.  
١٨٨٧ هنري هرتز يرسل ويستقبل  
أموالجا راديوية في مختبره.  
١٨٩٦ غوليلمو ماركوني يُسجل براءة  
اختراع أول منظومة عملية للتلفزيون  
اللاسلكية.  
١٩٠١ إرسال أول إشارة تلفغرافية عبر  
الأطلسي.  
١٩٠٦ ريجنلد فيشاندن يُدع أول بث  
إذاعي، فُدهش عاملي التلفغراف  
اللاسلكي بإسماهم الموسيقى بدلًا  
من شفرة مورس المُعتادة.



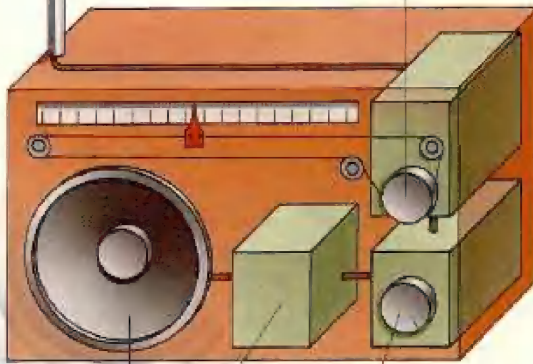
## المُرْسِلُ الرَاديُويّ (اللاسلكي)

في المُرْسِلِ الرَاديُويّ، تُولَّدُ دَارةُ المُذبذبِ قُطْعَةً مُتَناوِبةً سَريعةً تُدعى الإِشارةُ الحَاملةُ، تُنقَلُ إلى دَارةٍ أُخرى تُدعى المُضَمِّنَةُ. كما تُغذَّى المُضَمِّنَةُ أَيْضًا بالإِشارةِ الصَوْتِيَّةِ من سَندُويَّةِ الإِذاعةِ. فَيُمرِّسِلُ مُضَمِّنُ التَردُّدِ (إف إم) المُبَيَّنَ هُنا، مُضَمِّنُ (تَغيُّر) الإِشارةِ الصَوْتِيَّةِ تَردُّدَ الإِشارةِ الحَاملةِ، كما يَقوِّي المُضَمِّنُ الإِشارةَ الحَاملةَ المُضَمَّنَةَ؛ ثُمَّ تُبَثُّ الإِشارةُ المُعزَّزةُ هَذه، كَأَمَواجٍ رَاديُويَّةٍ، من هَوائِي الإِرسالِ.

## المُسْتَقْبِلُ الرَاديُويّ (اللاسلكي)

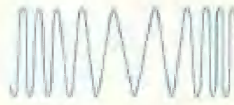
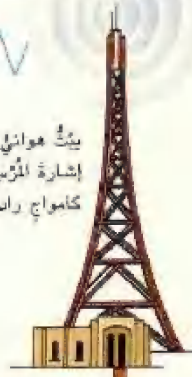
يَسْتَقْبِلُ هَوائِي جِهازِ الرَاديو الأَمَواجَ الرَاديُويَّةَ من عِدَّةِ مُرْسِلاتٍ، فَيُحوِّلُ ما يَلتَقِظُ مِنها إلى إِشاراتٍ كَهرَبائيَّةٍ دَقيقَةٍ. ثُمَّ تُنقَلُ هَذهُ الإِشاراتُ إلى دَاراتِ مُوالَفةٍ وَتَضخيمٍ، حيثُ تُنتَقَى إِشارةُ المَحطَّةِ الإِذاعيَّةِ المَطْلُوبَةِ وَتُضخَّمُ. بَعدَ ذلكَ تُفَصِّلُ دَارةُ المُستَخلِصِ الإِشارةَ الصَوْتِيَّةَ عَنِ المَوجةِ الحَاملةِ، وَتُعَدِّلُ قُوَّةَ هَذهُ الإِشارةِ بِأَسْتِخدامِ بِضبطِ الجِهازِ. ثُمَّ تُنقَلُ الإِشارةُ الصَوْتِيَّةُ إلى مُضخَّمِ الخَرجِ، حيثُ تُضخَّمُ بِما فيه الكَفاية لِإِشغالِ الجِهازِ الَّذي يُعيدُ تَحويلَ الإِشارةِ ثَانيَّةً إلى أَصواتٍ كَبتِكَ الَّتِي تُبَثُّ أَصلاً من سَندُويَّةِ الإِذاعةِ.

يُستَخدَمُ بِضبطُ المُوالَفةِ، وَهو مُكَثَّفٌ مُتَغيِّرٌ، لِإِختِيارِ المَحطَّةِ الإِذاعيَّةِ.

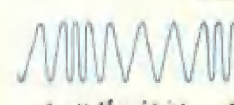


يُضبطُ الجِهازُ، وَهو مُضخَّمُ الخَرجِ ثَانيَّةً قُوَّةً عَزيزَ المِجْهَرِ لِإِستِيعادِ الصَوْتِ. مُقاوِمٌ مُتَغيِّرٌ يُعَدِّلُ مُنسوبَ الإِشارةِ الصَوْتِيَّةِ.

يُبَثُّ هَوائِي الإِرسالِ إِشارةً رَاديُويَّةً كَأَمَواجٍ رَاديُويَّةٍ.



التَضخيمُ يَقوِّي المَوجةَ الحَاملةَ المُضَمَّنَةَ قَليلَ انقِطاعاً إلى هَوائِي.



يُضخَّمُ تَردُّدُ المَوجةِ الحَاملةِ بِواسِطَةِ الإِشارةِ الصَوْتِيَّةِ.



تَردُّدُ الإِشارةِ الحَاملةِ حَوالى ١٠٠ مِليونِ مَوجةٍ في الثَانيَّةِ (١٠٠ مِغاهَرتِز).

## الإِشاراتُ الصَوْتِيَّةُ

في سَندُويَّةِ الإِذاعةِ، يُحوِّلُ المِيكروفُونُ أَصواتَ المُذِيعينَ إلى إِشاراتٍ صَوْتِيَّةٍ؛ كما تُولَّدُ أَجْهزةٌ أُخرى إِشاراتٍ صَوْتِيَّةً عَندَ تَديويرِ أَشْطِمةِ التَشفيلِ أو الأَسْطِواناتِ. وَيَعبُرُ مَزْجُ هَذهُ الإِشاراتِ مَعاً ثُمَّ تُرْسَلُ الإِشارةُ المُوالَفةُ إلى المُرْسِلِ.



تَردُّدُ الإِشارةِ الحَاملةِ حَوالى ١٠٠ مِليونِ مَوجةٍ في الثَانيَّةِ (١٠٠ مِغاهَرتِز).



## الأيونوسفير

يُستَخدَمُ سَائِلُ الأَتِّصالاتِ إِشاراتٍ رَاديُويَّةٍ من مَكانٍ ما عَلى الأَرضِ وَيُعيدُ إِرسالَها إلى مَناطِقَةٍ أُخرى. وَالإِرسالُ عَبرَ الأَطلَاسِ يَتِمُّ بِهَذهِ الطَريقَةِ.

الأيونوسفيرُ مَناطِقَةٌ جَويَّةٌ فَوْقَ الأَرضِ عَلى أَرِفاعٍ يَعتَدُّ من ٥٠ إلى ٢٠٠ كِيلومِتر. وَهي تَحوي أيُوناتٍ وَالكِترُوناتِ طَليقةً تَجْعَلُها نَعاكسٌ بَعضَ الأَمَواجِ الرَاديُويَّةِ - الأَمَرُ الَّذي يَجْعَلُ انقِطاعَ الأَمَواجِ الرَاديُويَّةِ الخَفيضةِ التَردُّدِ مُمكِنًا عَبرَ مَسافاتٍ طَويلة.

الإِشاراتُ العَاليةُ التَردُّدِ نَسيبًا تُخَفَّرُ في الأيُونوسفيرِ؛ إِذا تُسْتَخدَمُ في إِرسالِ الإِشاراتِ المُوجَّهةِ، عَن طَريقِ سَوائِلِ أَتِّصالاتٍ تَبغُو عَنِ الأَرضِ أَلافَ الكِيلومِتراتِ. وَتُستَخدَمُ هَذهُ التَردُّداتُ أَيْضًا في الإِرسالِ القَصرِ المَدى عَلى سَطحِ الأَرضِ.

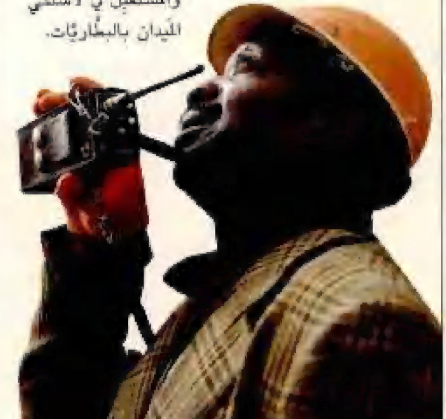
تُعاكسُ الأَمَواجُ القَصيرةُ عَلى عَاليِ الأيُونوسفيرِ.

الإِشاراتُ الخَفيضةُ التَردُّدِ نَسيبًا (بَأنَّ الطَولَ المُوجي الطَوِيلَ) عَن مُرْسَلٍ تَستَطيعُ الوُضُوءُ إلى أَمَكَّةٍ نَائيَّةٍ بِالأتِّصالاتِ المُتَكَرِّرةِ بَينَ الأيُونوسفيرِ وَالأَرضِ.

## لاسلكي المَواقِعِ

يُستَخدَمُ المُرْسِلُ المُستَقْبِلُ الصَغيرُ (اللاسلكي المَيدان) في مَواقِعِ البَناةِ مِثْلاً، لِإِستِطاعَةِ العَاملِونَ عَلى الأَرضِ التَحدُّثِ بِسُهُولَةٍ مَعَ العَمَّالِ في الطَوابِقِ العَليا مِنَ المَبنى؛ كما تُستَخدَمُ الشَّرْطَةُ في بِضبطِ الأَمَنِ وَمُكَافَحةِ الجَرمِيةِ.

تَعبَثُ المُرْسِلُ وَالمُسْتَقْبِلُ في لاسلكي المَيدانِ بِالبَطارِياتِ.



### لِمَزيدٍ مِنَ المَعلُوماتِ انظُرْ

- المُؤَلَّداتُ ص ١٥٩
- مَقُوماتُ الكَترُونِ ص ١٦٨
- الطَيفُ الكَهرَمَغناطِيسِي ص ١٩٢
- التِلِسكُوباتُ الأَرضِيَّةُ ص ٢٩٧



# التلفزيون

مرسل تلفزيوني

أصبح التلفزيون عاملاً مهماً في حياتنا - نتعرف به أماكن لم نرها سابقاً وربما لن نراها مستقبلاً، ونرى عبر الأحداث حال وقوعها، وأحياناً كثيرة نشاهد بعض برامجهم لمجرد التسلية والمتعة. لقد شاع استخدام التلفزيون في المنازل منذ الخمسينيات من القرن العشرين، لكن فكرة إرسال الصور عبر مسافات بعيدة راودت العلماء والمخترعين منذ القرن التاسع عشر. ونحن نعلم اليوم بأنظمة تلفزة عالية النوعية بفضل مخترعات متعددة لعل أهمها الصمامات والترانزستورات وأنابيب الأشعة الكاثودية. في الكثير من البلدان تبت الصور والأصوات التلفزيونية محلياً باستخدام الأمواج الراديوية الفائقة التردد، أو كإشارات كهربائية عبر الكابل؛ كما ترسل على نطاق دولي بواسطة السوايل. وتستخدم التلفزة المغلقة الدارة في مراقبة أمن المصارف والمؤسسات حيث تنقل الصور من الكاميرا إلى الشاشة مباشرة.



ستوديو تلفزيوني

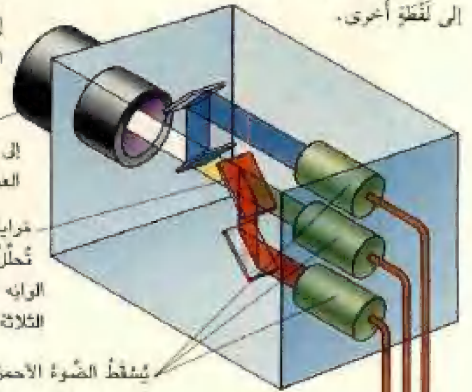
تنقل إشارات الصور، من الكاميرات، وإشارات الصوت، من الميكروفونات، إلى غرفة الشراقة المشرقة على الستوديو، حيث تظهر جميع الصور على شاشات متعددة. وتقوم مخرج البرنامج بانتقاء الصورة المراد بثها وتوقيت الانتقال إلى لقطة أخرى.

## البث التلفزيوني الحي

في البث التلفزيوني الحي تحوّل الكاميرا التلفزيونية أصوات المشهد إلى إشارات كهربائية ترسل لاسلكياً فستحال صوراً في التلفاز (جهاز التلفزيون).

يتخلل الضوء إلى الكاميرا عبر العدسة الأولى. مرآيا خاصة تحلل الضوء إلى ألوانه الرئيسية الثلاثة.

يشق الضوء الأحمر والأزرق والأخضر على صمامات منفصلة.



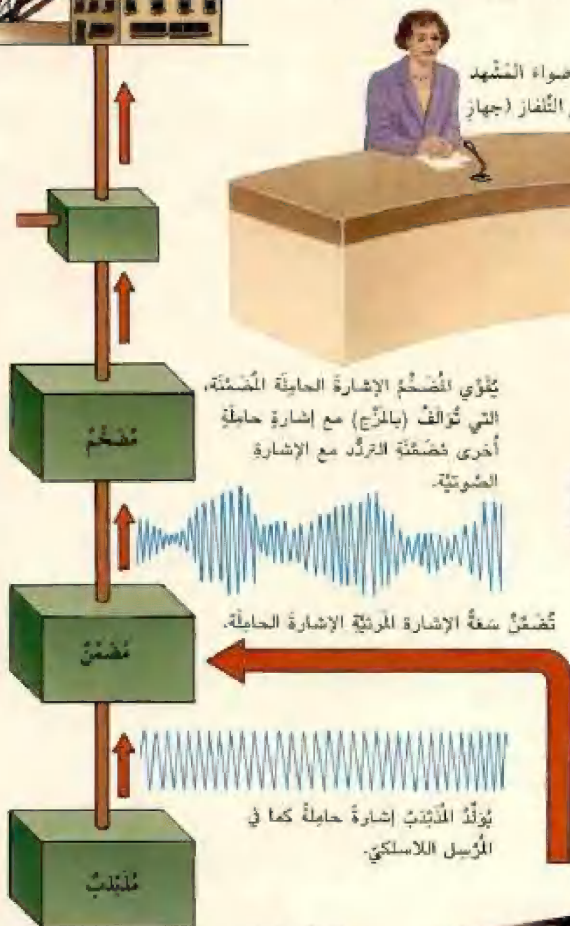
## الكاميرا التلفزيونية

في نوع نمطي من كاميرات التلفزة الملونة، يفرّض الضوء من المشهد عبر مرآيا خاصة تحلل الضوء إلى ألوانه الأولية - الأحمر والأخضر والأزرق. فتتكوّن للمشهد صورٌ يتركبها الألوان على صمامات الكاميرا الثلاثة التي تسمع الصور خطاً خطاً. ثم يجمع كل صمام إشارة كهربائية تتناسب شدتها مع تألق كل خط من الصورة.

يتولى المضخم الإشارة الحاملة الممتدة، التي توالف (بالتردد) مع إشارة حاملة أخرى مضخمة التردد مع الإشارة الصوتية.

تضخم سعة الإشارة المرئية الإشارة الحاملة.

يؤخذ المذبذب إشارة حاملة كما في المرسل اللاسلكي.



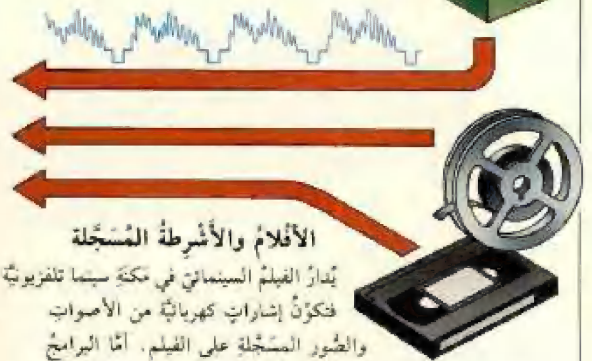
## قاعة العرض

في هذه القاعة، تُنكّر وترافق جميع الإشارات المُتعلّقة من مصادر حيّة أو مُسجّلة، وتُعرض الصور على شاشات عدد أجهزة مُراقبة. ومن قاعة العرض هذه، تُرسل إلى المرسل التلفزيوني إشارة الصوت وإشارة مرئية واحدة تحوي جميع المعلومات اللونية مع نبضات المُزامنة التي تُنكّر جهاز الاستقبال من استعادة الصورة على الوجه الصحيح.



## الأفلام والأشرطة المسجلة

يُدار الفيلم السينمائي في مكانة سينما تلفزيونية فتكون إشارات كهربائية من الأصوات والصور المسجلة على الفيلم. أما البرامج المسجلة على أشرطة فتستعاد بواسطة جهاز فيديو. وتنقل جميع الإشارات الصوتية والمرئية من مصادرها المُختلفة إلى قاعة العرض، وهي قاعة مُراقبة تُجاوِز ستوديو المذيعين.

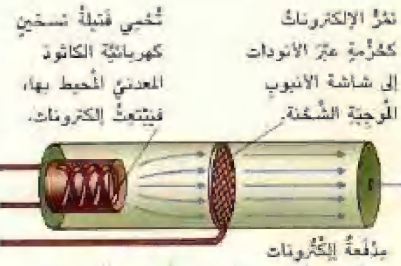




قوائيم الاستقبال

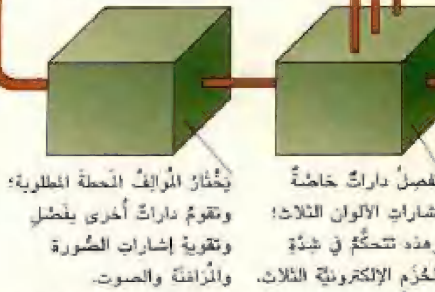
## المستقبلات التلفزيونية

تنتقل إشارات المرسل التلفزيوني عبر الهواء بسرعة الضوء كأشعة لاسلكية، فيحولها هوائي الاستقبال، الموصول بجهاز التلفزيون، ثانية إلى إشارات كهربائية. وباستخدام دارات الموائمة الإلكترونية في المستقبل يمكنك استقبال المحطة التلفزيونية التي تريدها. أما في التلفزة الملونة، فتعمل دارات أخرى على قرّر المقومات اللونية الثلاثة في الإشارة المرئية؛ فيستخدمها صمام الصور (أنبوب الأشعة الكاثودية) لاستعادة الصورة بألوانها الكاملة - في حين يستعيد المتجهز الإشارة الصوتية.



## إشارة الصورة

يلتقط هوائي الاستقبال الإشارة التي ينثها المرسل ويحولها إلى إشارة كهربائية تسري تواليًا عبر سلك خاص إلى المستقبل.



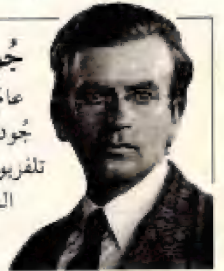
## مشح متشابك

تعرض على الشاشة في كل ثانية ٢٥ أو ٣٠ صورة كاملة - علمًا أن الخطوط الوترية تعرض متناوبة مع الخطوط الشقبة جاعلة عدد الصور ٥٠ أو ٦٠ صورة في الثانية. والمعروف أن زيادة معدل الصور على هذا النحو يحفض وعشائها.

## المشح

في المستقبل التلفزيوني، تحرك الخرم الإلكتروني بسرعة عبر الشاشة بواسطة زوجين من المغناطيسات الكهربائية تعرف بالملفات الحارقة للخطوط والمجالات، فينتشر التيار عبر هذه الملفات تتغير مجالاتها المغناطيسية حارقة الخرم الإلكتروني أفقيًا وعموديًا على شاشة العرض.

## جون لوجي بيرد



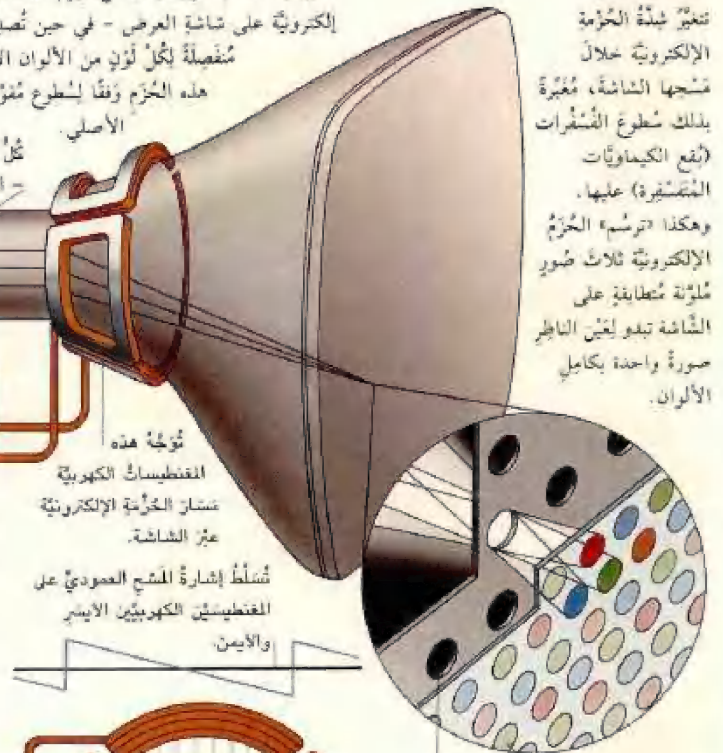
عام ١٩٢٦، عرض وائد التلفزيون، الإسكتلندي جون لوجي بيرد (١٨٨٨-١٩٤٦) أول منظومة تلفزيونية مستخدماً قرصاً متحركاً دوّاراً، لتحويل ضوء المشهد إلى خطوط، وخليفة كهروضوئية لتحويل تغيرات الشطوع إلى إشارات كهربائية. وفي مستقبل بيرد كانت الإشارات تغير شطوع صمجة كهربائية، فيرى المشاهد صورة باهتة مشوشة عبر ثقب قرص مدور آخر. وشرعان ما استبدلت منظومة بيرد ليحل محلها منظومة إلكترونية بالكامل من نوعية أفضل.



## مدفعة إلكترونات

تطلق مدفعة الإلكترونات داخل أنبوب (صمام) الأشعة الكاثودية حُرماً إلكترونية على شاشة العرض - في حين تصلي صمامات الألوان حُرماً منفصلة لكل لون من الألوان الثلاثة. وتتغير شدة هذه الخرم وفقاً لسطوع مقومات الألوان في المشهد الأصلي.

كل مدفعة إلكترونات تنتج لوناً واحداً - أحمر أو أخضر أو أزرق.



## الصور الملونة

تتغير شدة الخرم الإلكترونية خلال مشجها الشاشة، فغير بذلك شطوع الشففات (تبع الكيمائيات المتسيرة) عليها، وهكذا ترسم الخرم الإلكترونية ثلاث صور ملونة متطابقة على الشاشة تبدو لغير الناظر صورة واحدة بكامل الألوان.

## شاشة التلفزيون

تغطي شاشة التلفزيون بقايد الشففات التي توهج باللون الأحمر أو الأخضر أو الأزرق عندما تصطبها الخرم الإلكترونية. بعض أنابيب الصورة، في التلفزيون الملون، تحوي خارجاً متحركاً خلف الشاشة، تؤمن ثبوت أن تصبب الخرم الإلكترونية الواحدة نوعاً واحداً من الشففات فقط. وهكذا تكون كل خرم صورة من لون واحد.

## لمزيد من المعلومات انظر

- البينة الذرية ص ٢٤
- الرائد ص ١٦٤
- الطيف الكهرومغناطيسي ص ١٩٢
- الألوان ص ٢٠٢
- السينما ص ٢٠٨



الإلكترونات في التريود (الصمام الثلاثي) مُشعة في أنبوب زجاجي مُفرغ من الهواء.

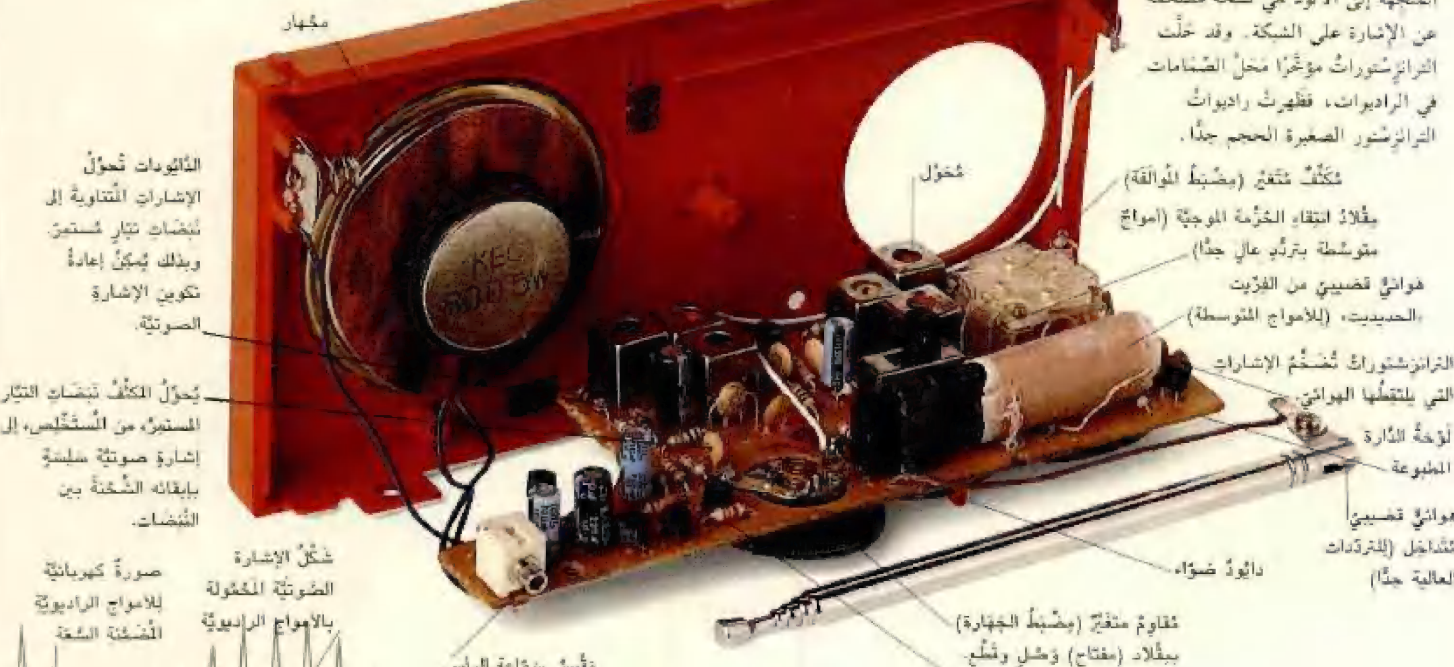
ينتبع الكاثود إلكترونات عند إحمائه بفيلية سلكية مُتوصلة.

الشحنة السالبة على الشبكة تتحكم في سريان الإلكترونات إلى الأنود.

الأنود الموجب الشحنة يجذب الإلكترونات السالبة الشحنة.

التريود (الصمام الثلاثي) تتألف التريود من كاثود و أنود

وتستخدم ملكية بينهما ويستخدم في  
تضخيم (تقوية) الإشارات الكهربائية.  
عندما تغذي الشبكة بإشارة صغيرة تتغير  
شحنتها محدثة تغيرات كبيرة في سرعات  
الإلكترونات إلى الأمام. لذا فالإشارة  
المنجزة إلى الأمام هي نسخة مُضخَّمة  
عن الإشارة على الشبكة. وقد حلت  
الترانزستورات مؤخراً محل الصمامات  
في الراديو، فظهرت راديو  
الترانزستور الصغيرة الحجم جداً.



**الاستقبال**  
الإشارات المُضَمَّنَةُ الشَّعَّةُ (إي إم) التي يَلْبِثُهَا  
الرَّسِيبُ الرَّادِيَوِيّ هي أَمْوَاجٌ لَاحِظِيَّةٌ مُتَعَيَّرَةٌ  
الشَّعَّةُ. هَوَانِي الْمُسْتَقْبَلُ يَحْوِلُ كُلَّ هَذِهِ  
الْأَمْوَاجِ إِلَى إِشَارَاتٍ كَهْرَبَانِيَّةٍ مُضَامِيَّةٍ تَنْتَهِئُ  
مِنْهَا دَائِرَةُ الْمَوَاقِفِ الْإِشَارَةِ الْمَطْلُوبَةِ

تَنْقِيلُ الْإِشَارَةِ الْمُتَقَاتِ مِنْ طَرَفِ الْمَوَاقِعِ إِلَى  
الدَّيُّودِ، الَّذِي يُحَوِّنُ الْأَمْوَاجَ إِلَى تَبْصَاتٍ  
كَهْرِبَايَّةٍ تَشْخُرُ الْمُكَثَّفُ. وَحَيْثُ إِنَّ الْمُكَثَّفُ  
يَحْفَظُ مُعْطَمَ الشَّخْصَةِ بَيْنَ التَّبْصَاتِ، فَإِنَّ  
الْإِشَارَةَ عِزَّةً شَبِيهَةً بِإِشَارَةِ الصُّوْتِ الْأَصْلِيِّ.

**مُكْتَفٍ مُتَغَيِّرٍ**  
عندما نوالف الراديو على محطة إذاعة نستخدم مُكْتَفًا  
مُتَغَيِّرًا يحوي مجموعة أو أكثر من الصفائح الثابتة  
والمُتَحَرِّكة التي يُمْكِنُها التقاطع معًا دون أن تَتَمَسَّحَ.  
وتكون مُواسِعةً المُكْتَفِ في حُدُودِها الأقصى عندما  
يكون تقاطع الصفائح الثابتة  
والمُتَحَرِّكة كاملاً. وبتغيير المُواسِعة  
ينتج الراديو إشارات تردُّد مُختلفة.



## مُقَوِّمَاتٌ حَدِيثَةٌ

منذ العام ١٩٥٠ وتواليه بدأ تصنيع العديد من المُقَوِّمَاتِ الإلكترونية بحجم أصغر بكثير، كما طُوِّرت مُقَوِّمَاتٌ جَدِيدَةٌ، وكُلُّهَا من الصُّغُرِ بحيث أصبحت المعدَّات المصنَّعة جَدًّا شَيْئًا مألُوفًا. حَالِيًا تتَوَخَّدُ هَذِهِ المُقَوِّمَاتُ، مِن تَرَانزِستُورَاتٍ وَمُقَاوِمَاتٍ وَدَائِيُودَاتٍ وَمُكْتَفَاتٍ، فِي الْعَدِيدِ مِنَ الْأَدَوَاتِ الْإِلِكْتُرُونِيَّةِ الْمُتَدَاوِلَةِ. كَمَا حَقَّقَتِ التَّكْنُولُوجِيَّةُ الْحَدِيثَةُ مُقَوِّمَاتٍ أَكْثَرَ مَوْثُوقَةً، كَالدَائِيُودَاتِ الضَّوْءِ (الصَّمَامَاتِ الثَّنَائِيَّةِ الْبَاعِثَةِ لِلضَّوْءِ) الَّتِي أَحْدَثَتْ تَحَلُّلَ مَحَلِّ الشَّمْعَاتِ الدَّلِيلَةِ لِأَنَّهَا نَكَادٌ لَا تَعْتَظِلُ أَبَدًا.

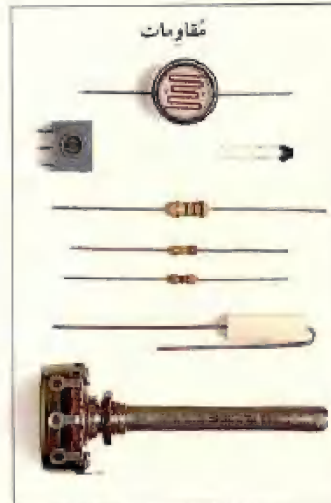
مقاوم صوتي  
الاعتمادية.



في واجهة المصباح الليبي الأوتوماتي اعلاء،  
يوجد مقاوم حساس للضوء، تتزايد مقاومته  
في العتمة، وتتناقص دارك إلكتروني بهذا التغيير  
فقد التنازل ليزر ليلاً.

## المقاومات

يجري التحكم في شدة التيار الساري في دائرة كهربائية بالمقاومات؛ فالمقاوم العالي المقاومة يمر تياراً صغيراً نسبياً. والمقاومات المستعملة المصنوعة من الكربون أو الأسلاك ذات ملامس التوافق يمكن به تغيير المقاومة. أما المقاومات الضوئية الاعتمادية فتقل مقاومتها باشتداد الضوء، كما إن معظم المقاومات الحرارية الاعتمادية (الترستورات) تقل مقاومتها بارتفاع درجة الحرارة.



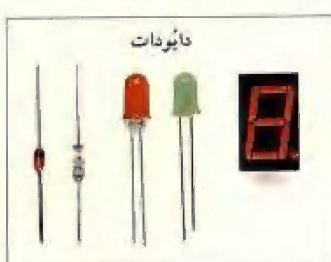
مقاومات



مكثفات



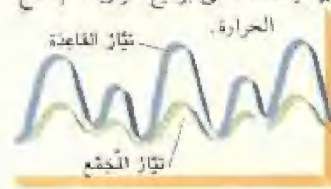
ترانزستورات



دايودات

## الترانزستورات (المُحَوِّزَات)

الترانزستورات مُقَوِّمَاتٌ تُضَخِّمُ التَّيَّارَ الْكِهْرِبَائِيَّ، وَتَمَكِّنُهَا أَيْضًا وَضَلَّةً وَفَقْلَةً. وَتَحْبِلُ التَّرانزستورات تبعاً لمدى تردّد الإشارات التي تستطيع تداولها. معظم الترانزستورات لا تستهلك سوى بضعة ملي أمبيرات فقط من توريد قطبها ١٢ قلماً أو أقل. والترانزستورات التي تتداول قدرات عالية تتسخن، لذا فهي تُزَوَّدُ بِسَائِلٍ لِمُرَقَّةٍ مُزَعَقَةٍ، نَدعى بِوَالِيعِ حَرَارِيَّةٍ، لِإِشْعَاعِ



الحرارة، تيار القاعدة، تيار المجمع

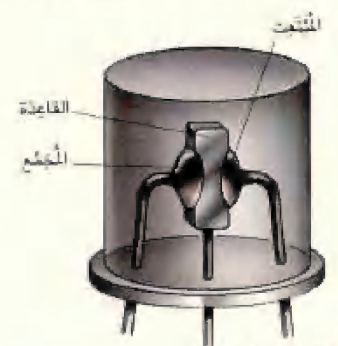
## كيف يعمل الترانزستور

التغير الصغير في التيار الساري في القاعدة يسبب تغيراً أكبر في التيار الساري عبر المجمع. وهكذا فإنَّ تسييل إشارة صغيرة على القاعدة يظهر كإشارة أكبر على المجمع. ونسبى تقوية الإشارة بهذه الطريقة التضخيم.



## المُضَخِّم

يحوي المضخم دائرة تكثير الإشارة الكهربائية الصغيرة. وتُعَدُّ الترانزستورات الإشارة المضخمة (المقواة) إلى المجهز.



## مُقَوِّمَاتُ التَّرانزِستُور

بألف هذا الترانزستور من طبقة شبه موصلي من النمط م (النمط الإيجابي) محصورة بين طبقتي شبه موصلي من النمط م (النمط السالب). الطبقة الوسطى هي قاعدة الترانزستور. أما الطبقتان الخارجيتان فتزلفان المُبَيِّعَاتِ وَالْمُجْمَعِ.

## الدَّايُودَاتِ (الصَّمَامَاتِ الثَّنَائِيَّةِ)

الدَّايُودَاتِ فِي دَارَةِ الْكُتْرُونِيَّةِ، تَسْمَحُ بِسَرِيَانِ التَّيَّارِ الْكِهْرِبَائِيِّ فِي أَتَّجَاهٍ وَاحِدٍ فَقَط. وَهَكَذَا فَهِيَ تَحَوِّلُ التَّيَّارَ الْمُتَنَاقِشَ إِلَى بُحْثَاتٍ مِنَ التَّيَّارِ الْمُسْتَمِرِّ. تُصَنِّعُ بَعْضُ الدَّايُودَاتِ لِلِاضْطِلَاعِ بِالتَّيَّارَاتِ الضَّعِيفَةِ؛ بَيْنَمَا تَسْتَطِيعُ أُخَرُ تَدَاوُلَ التَّيَّارَاتِ الْعَالِيَةِ جَدًّا. وَمِنَ الدَّايُودَاتِ مَا هُوَ ضَوَاءُ (بَاعِثٌ لِلضَّوْءِ) يُسْتَعْمَلُ كَصِمَامٍ قَلْبِيٍّ.



يُثَبِّعُ الضَّوْءَ عِنْدَ مُرُورِ التَّيَّارِ عِزِّ الدَّايُودِ. فَوْجِلٌ شِبْهُ مُوَصِّلِيٍّ

## مُقَوِّمَاتُ الدَّايُودِ

### الضَّوَاءُ

تتألف الدَّايُودَاتِ الْبَاعِثَةِ لِلضَّوْءِ مِنْ فَوْجِلِ شِبْهِ مُوَصِّلِيٍّ فِي كَيْسُولَةٍ لَدَائِيَّةٍ. يَتَبَيَّنُ الدَّايُودُ نُورًا عِنْدَمَا يَمُرُّ تَيَّارٌ عِزْرُهُ. وَالدَّايُودَاتِ الضَّوْءِ نَادِرَةٌ التَّعْتَظِلُ جَدًّا لِذَا تُسْتَعْمَلُ بِدَلَالٍ مِنَ الشَّمْعَاتِ.

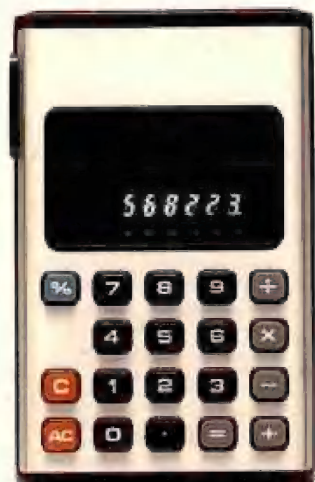


تتضخض وحدة الوضض

شككاً يَحْتَرِشُ شِبْخَةً كِهْرِبَائِيَّةً. فَعِنْدَمَا تُنْطَلَقُ الشَّكَّةُ إِلَى صِمَامٍ خَاصٍّ، يَتَوَلَّدُ وَبِطْنٌ سَاطِعٌ.

## المُكْتَفَاتِ

المُكْتَفَاتِ تَبَانُّهُ تَحْتَرِشُ شِبْخَةً كِهْرِبَائِيَّةً وَتُطْلِفُهَا عِنْدَ الْحَاجَةِ. وَتَتَأَلَّفُ الْمَكْتَفُ مِنْ طَبَقَتَيْنِ فِلْزِينَتَيْنِ تُفَصِّلُ بَيْنَهُمَا طَبَقَةٌ عَازِلَةٌ، قَائِلِدَانِ مَلَأَ. أَمَّا الْمَكْتَفَاتِ الْكِهْرِبَائِيَّةُ فَتُصَنِّعُ بِتَرْسِيبِ طَبَقَةٍ عَازِلَةٍ بِالْكَهْرَلَةِ عَلَى صَفَائِحٍ مِنَ الْأَلُومِينِيُومِ. وَتَحْتَرِشُ الْمَكْتَفَاتِ الْمُخْتَلِفَةُ الْقِيَمَةُ السَّعَوِيَّةُ كَشَبَابٍ مُخْتَلِفَةٍ مِنَ الشَّحَةِ عِنْدَمَا تَمُرُّ الْفِلْطَةُ تَحْتَهَا عِزْرَ صَفَائِحِهَا.



## الدَّايُودَاتِ الضَّوْءِ

تُسْتَعْمَلُ الدَّايُودَاتِ الضَّوْءِ لِإِتَارَةِ الْأَرْقَامِ فِي بَعْضِ الْحَاسِبَاتِ، أَوْ كَشَوِّشَاتٍ عَلَى الْوُحَاثِ الْإِلِكْتُرُونِيَّةِ. وَتَتَأَلَّفُ مُشَوِّشَاتُ مُسْتَوَى الضَّوْءِ فِي بَعْضِ الْمُضَخِّمَاتِ مِنْ أَعْدَةِ مِنْ هَذِهِ الدَّايُودَاتِ، إِذْ يَزْدَادُ عَدَدُ الدَّايُودَاتِ الشَّيْرَةِ بِإَزْدِيَادِ مُسْتَوَايَاتِ الضَّوْءِ.

## لِمَزِيدٍ مِنَ الْعُلُومَاتِ انْظُرْ

- الكهرلة (التحليل بالكهرباء) ص ٦٧
- الكهرباء الثنائية ص ١٤٨
- الدَّارَاتِ الْكِهْرِبَائِيَّةِ ص ١٥٢
- الرَّادِيُو ص ١٦٤
- النَّارَاتِ الْمُتَكَامِلَةِ ص ١٧٠
- الحاسبات ص ١٧٢
- حقائق ومعلومات ص ٤١٠



# الدَّاراتُ الْمُتَكَامِلَة

هنالك جُزءٌ صغيرٌ داخلَ اللعبة الإلكترونية يتحكّم في سائر أنشطتها - يُحرّك الأحرف أو الرموزَ على الشاشة، يُسجّل الإصابات، ويصدّر اللَّتَيْن إذا رِيخت أو خيست. هذا الجُزء الصغير هو دائرةٌ مُتكاملة (أو رُقاقةٌ سليكونية) دقيقة لا تتجاوزُ مساحتها بضعة مليمترات مُربّعة. الرُقاقة تُضمُّ المَقومَات الإلكترونية كُلّها؛ وهناك الآلاف منها على الرُقاقة السليكونية الدقيقة. تُؤدّي الداراتُ المتكاملةُ مُختلفَ المهمّات نفسها التي تقومُ بها الداراتُ المصنوعة من مَقومَات إلكترونية مُنفصلة. والرُقاقاتُ بكونها قليلة كُلفة التصنيع وعالية الموثوقية، أسهمت في جعل المَعَدَّات الإلكترونية أرخصَ ثمنًا وأصغرَ حجمًا وأكثرَ كفاءةً وفعاليةً.

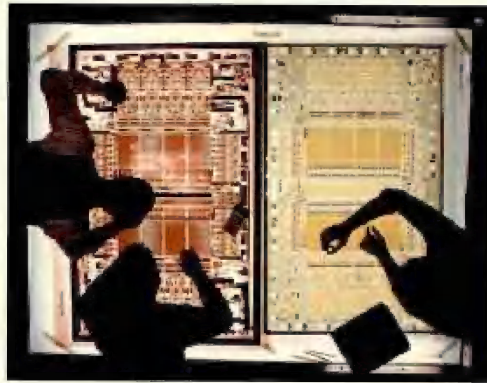


## لُعبةٌ إلكترونية

اللُعبة الإلكترونية البدئية هي حاسباتٌ مُكرّسة مُبرمجة لأداء عمل مُعيّن فقط. فاللُعبة أعلاه تُعرض على شاشتها مشهدًا فضائيًا يقوم فيه اللاعبون بإطلاق النار على الشّئن الفضائية المُعادية.

## تصميم الدّارة

قَبْلَ أَنْ تُصنّع الدّارة المتكاملة، يُرسمُ مُحفّظٌ كبيرٌ لها بالكامل ويُراعى للدّقة. وحيثُ إنّ الدّارات المتكاملة تُرَقَّب من طبقاتٍ، فإنّه يُصارُ إلى تصميم كُل طبقةٍ على حدة ورسمها، ثُمَّ يُصنّع من هذه التصميمات شُحّة بحجم الرُقاقة تُدعى القناع.



## الدّاراتُ المُصنّعة

تُشكّل داراتٌ متكاملةٌ متعدّدة في الوقت نفسه على الرُقاقة السليكونية، وهي شريحة من بلورة سليكونيَّة. بعد الصنع تُختبَر كُلُّ دائرةٍ يتمّدها إلكترونياً، ثُمَّ تُرَقَّب الدّارات التي تتجاوزُ كُل الاختناقات بنجاح في كسولة لَدائِيَّة أو حُرُوفِيَّة واقية.

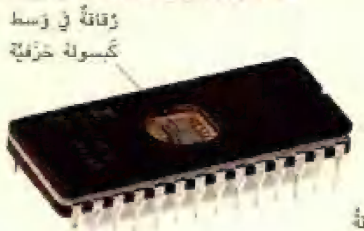
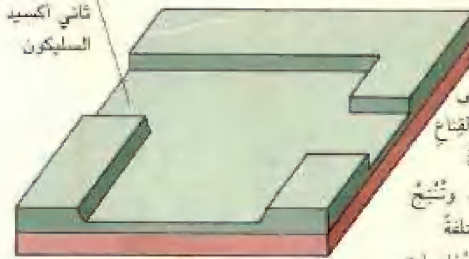
## صُنْعُ الرُقَاقِ

تُطَبّق مَقومَات الرُقاقة برصطبٍ شبيهٍ مُوصّلات من الشّططين م و س وموادٍ أخرى على القاعدة السليكونية، باستخدام القناع المعين دليلاً، وتُسخّن الحرارة والكيمياء في تشكيل المواد. وتُنتج التوليفات المختلفة مَقومَات مختلفة كالترانزستورات والدّايودات والمقاومات والشّكّفات الحفّضية الشّحّة. إلى اليسار تُرى ثلاثاً من المراحل المُتعدّدة التي يتطلّى عليها إنتاجُ مَقومٍ واحدٍ على الرُقاقة - هو في هذه الحال ترانزستور من نوع خاصّ ذو إلكترون مركزيّ مغزُول.

## لُوحَةُ الدّارة

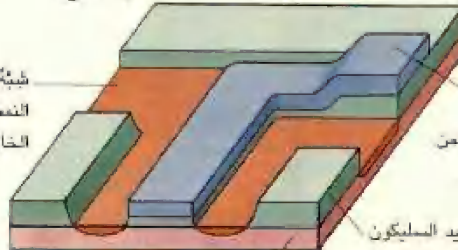
بعض النماذج البسيطة تحوي رُقاقة رئيسية واحدة وبضعة مَقومَات أخرى. لكنّ الأجهزة الأكثر تعقيداً، كالحاسوب، قد تحوي رُقاقات عديدة مُركّبة على لُوحَة دارات مطبوعة، حيثُ التوصيلات بين الرُقاقات والمَقومَات الأخرى «مطبوعة» بالنحاس.

طبقة عازلة من ثاني أكسيد السليكون



رُقاقة في وسط كسولة حُرُوفِيَّة

شبكة مُوصّلات من النحاس للإلكترونيات الخارجيّة.



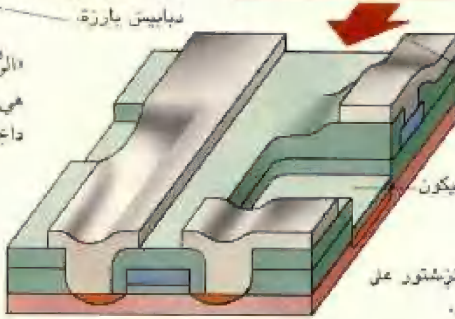
إلكترونيّات ثنائيّة السليكون

ثاني أكسيد السليكون

مُوصّل الرُقاقة بلُوحَة الدّارة بواسطة دبابيس بارزة.

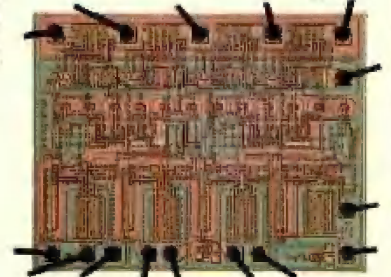
## رُقَاقَةُ كَسُولَةٍ

«الرُقَاقَةُ» التي تُشاهدُها على لُوحَة دارّة هي في الحقيقة كسولة تحمي رُقَاقَة في داخلها. وتتمّ التوصيلات بين الرُقَاقَة ولُوحَة الدّارة بواسطة أسلاكٍ من الذهب مُتصلة بمساميرٍ مُلزِقة تبرز من الكسولة. وهذه المسامير تُلحَم بلُوحَة الدّارة أو توصّل بالقَبَس في مقاييس خاطئة.



سليكون من النمط م  
التوصيلات إلى الإلكترونيات تُصنّع من مُوصّل هو الألومنيوم.

ثاني أكسيد السليكون  
لا يُزيّد عُرض هذا الترانزستور على واحدٍ بالآلاف من المليمتر.



## في داخل الرُقَاقَة

هذا جُزءٌ من سطح رُقَاقَة سليكونية (دارّة) مُتكاملة، مُكرّس ٤٠ مرّة. وتتمّ التوصيلات بداراتٍ أخرى غير أسلاكٍ رفيعة تُلحَم بمُسيّرات حوّل أطراف الرُقَاقَة.



## استخدام الدارات المتكاملة

نستخدم ثمانية الكرات (المُتَدَحَرَجَة) والمسامير هذه دائرة متكاملة بسيطة تحوي عدة بوابات منطقية - تتألف الواحدة منها من بضعة ترانزستورات ومقومات أخرى. وتُستجيب البوابة المنطقية لتواجد أو غياب الإشارات الواردة، وتُضَيِّرُ الخرج الملائم. وتُشغِّلُ الرقاقة دايودات ضوءاً مملوءة تُبَيِّنُ الشقوق التي تدخلها الكرات (الفلورية)، وتُحدِّدُ الرنح أو الحسارة. ولكي يريح اللاعب، عليه إدخال كرتٍ واحدة على الأقل في كل من الشقين الأزرق والأصفر، على ألا يدخل أيًا في الشقب الأحمر. وفي حالة الرنح، يُضيء الدايود الأخضر كما يُضيء الأحمر في حالة الحسارة.

ما لم تسخِّن كرتة الشقب الأحمر ج... لا يحصل دخل في بوابة «لا». وفي هذه الحال تُرسل إشارة الخرج إلى بوابة «و».

دايود ضوء  
مقاوم  
بوابة «و»

تُعطي بوابة «و» الثلاثية الشغل إشارة خرج فقط عندما تتواجد إشارة في كل من مواقع الدخل الثلاثة. وهكذا تُعطي بوابة «و» خرجاً عندما تتواجد كرتة في أحد الشقين الأزرقين. وفي أحد الشقين الأصفرين ولا كرات في الشقب الأحمر. والخرج من بوابة «و» يُضيء الدايود الأخضر دليلاً على الرنح.

### بوابة «و»

تُعطي بوابة «و» المزدوجة الدخل خرجاً عندما تسقط إشارة إلى كلا موقعي الدخل.

الخرج	الدخل ب	الدخل أ
0	0	0
0	0	1
0	1	0
1	1	1

### بوابة «أو»

تُعطي بوابة «أو» المزدوجة الدخل خرجاً عندما تسقط إشارة إلى أحد موقعي الدخل أو كليهما.

الخرج	الدخل ب	الدخل أ
0	0	0
1	0	1
1	1	0
1	1	1

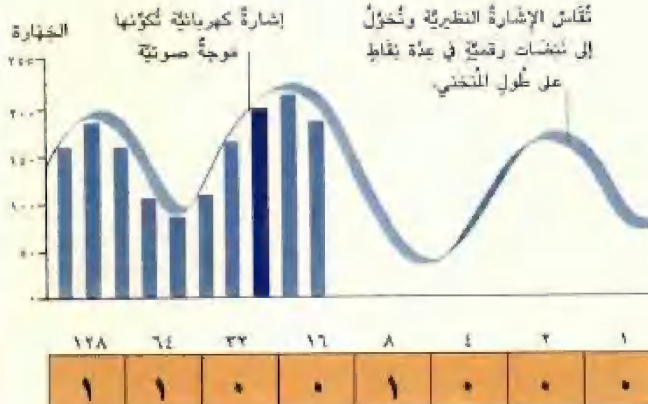
### بوابة «لا»

تُعطي بوابة «لا» خرجاً عندما لا تسقط إشارة إلى دخلها. كما لا تُعطي إشارة خرج بوجود إشارة دخل. أحياناً تُدعى بوابة «لا» عاكس القطر.

الخرج	الدخل
1	0
0	1

### قياس الإشارة

لتحويل الإشارة النظرية (القياسية) إلى إشارة رقمية، نقيس دائرة متكاملة شدة الإشارة النظرية آلاف المرات كل ثانية. ثم نحول هذه القياسات إلى النمط الصحيح من الإشارات الرقمية.



معلومات أنظر
مقومات إلكترونية ص 168
الخاصيات ص 172
تسجيل الصوت ص 188
حقائق ومعلومات ص 210

القيمة 200 يُعزِّز عنها في الترميز الرقمي الثنائي بالعدد 1100100 الذي يُتمثل بالقطع (1).  
128 + 64 + 8 = 200 أي (2 + 4 + 8 + 16 + 32 + 64 + 128).

كرات فلورية

فلورية  
شويجة

بوابة «لا»

بوابة «أو»

الخرج من الشقب الأحمر يُضيء الدايود الأحمر. شقبة الحسارة. بوابة «أو»

## دائرة الكرات (المُتَدَحَرَجَة) والمسامير

عندما تدرج كرتة إلى أحد الشقوق تحدث توصيلتها تماساً بين التلامسين الفلزيين اللذين يتصل أحدهما بقطب موجة ضعيفة. وهكذا فإن عند عبور كرتة إلى شقب موجة ذلك الشقب الإشارة السطعة إلى إحدى البوابات - علمًا أنَّ الدارة مرتبة بحيث يُضيء الدايود ذو اللون الصحيح في الشقب المعين. إنَّ تسديدات القدرة إلى البوابات المنطقية لا تظهر في الرسم أعلاه.

## البوابات المنطقية

تعمل البوابات المنطقية بإشارات رقمية - غالباً بوجود أو غياب فلطية موجة ضعيفة. وتُبيِّنُ جدالاً الضوابط إنتاج تسليط الإشارات المنطقية على هذه البوابات. في جدول الضوابط يُدوّن وجود الإشارة بالرقم 1 وعدم وجودها بالصفر (0).

## من النظري (القياسي) إلى الرقمي

نستخدم دارات متكاملة مُصمَّمة خصيصاً لتحويل الإشارات النظرية، كالإشارة الصوتية، إلى أشكال رقمية يمكن تخزينها في أسطوانة مُدمجة (مُرصصة) مثلاً. وهذا يُكسب الصوت نوعية أفضل بكثير لأنه لا يتأثر بالتضخيم ولا يلتقط الأصوات الدخيلة كهتيس الجلي في الأسطوانات المستحثة. والإشارات الرقمية يُعاد تحويلها عند الاستقبال أو الاستعادة إلى إشارات نظرية (قياسية) هي، في الواقع، تُسجَّع كهربائياً نظرية للصوت أو الرؤية أو لإشارات أخرى، فتُستجَرُّ باستمرار. أمَّا الإشارات الرقمية فتتألف من نبضات بسيطة من الوصل والقطع.



# الحاسبات



مكنة الفروق

هذه الحاسبة البدائية المُعقَّدة كانت أولى الحاسبات التي صمَّمها شارل باباج، وفيها أكثر من ٢٠٠٠ قطعة مُحرَّكة.

## شارل باباج

في مطلع الثلاثينيات من القرن التاسع عشر، صمَّم الرياضي الإنكليزي شارل باباج (١٧٢٩-١٨٧١) حاسبة ميكانيكية سُميت «المكنة التحليلية».



وكان مُفترضاً لها أن تحتوي مُخزناً أو ذاكرة، لإلزام، ووُخِدت حاسبة لإجراء العمليات الحسابية حسب التعليمات الواردة من وُحدة التحكم، وكان من ضمن التصميم أن تُعَدَّى المكنة بالعمليات (الترامج) مُرمزة كأنماط من الثغوب في بطاقات مُخرَّمة - بحيث تكون قابلة للبرمجة (على عكس مكنات الفروق)، كما هي الحال في الحواسيب الحديثة التي أَعتمدت أساساً هذه الأفكار. فقد كُرس باباج عدَّة سنوات من حياته وأنفق الكثير من ثروته على هذه المكنة التي لم تُر التور.

## لويحة المفاتيح

تُغلَّى التفاضل خلف لويحة المفاتيح لغرض وجيزة عند ضغط مفاتيح الأرقام والتعليمات الأخرى (مثل +، -، ×، ÷، =). وتُكثَّف الدارات الإلكترونية المُدخَّلات إلى الحاسبة فحزتها بشكلٍ ثنائي. ثُمَّ تقوم دارات أخرى بالعمليات الحسابية.

### لمزيد من المعلومات انظر

- العلماء - كيف وماذا يعملون! ص ١٤
- الخلايا والبطاريات ص ١٥٠
- مُفَرِّمات إلكترونية ص ١٦٨
- الدارات المُتكاملة ص ١٧٠
- الحواصيب ص ١٧٣
- حقائق ومعلومات ص ٤١٠



بعض الناس يستخدمون أصابعهم للعدِّ والحساب، وتُغلَّى هذا هو سبب اعتمادنا النظام العشري أساساً لحساباتنا. يُستخدم نظام العدِّ العشري الأرقام العشرة من ٠ (صفر) إلى ٩ (تسعة). أمَّا الحاسبات الإلكترونية الحديثة فتستخدم نظام العدِّ الثنائي ذا الرقمين ٠ (صفر) و ١ (واحد). ذلك لأن الدارات الإلكترونية المُصمَّمة لتُعرِّف مُستويي إشارتين فقط ثُمَّ ثلثان الصفر (٠) والواحد (١)، هي أبسط وأكثر موثوقية من الدارات المُصمَّمة لتُعرِّف مُستويات عشر إشارات.

الطبقة الخضراء العازلة  
تقي المسالك الحاسوبية  
التي تصل شقوقات الدارة.

خلاصين بقلادية  
تتصل عند ضغط  
أزرار لويحة المفاتيح.

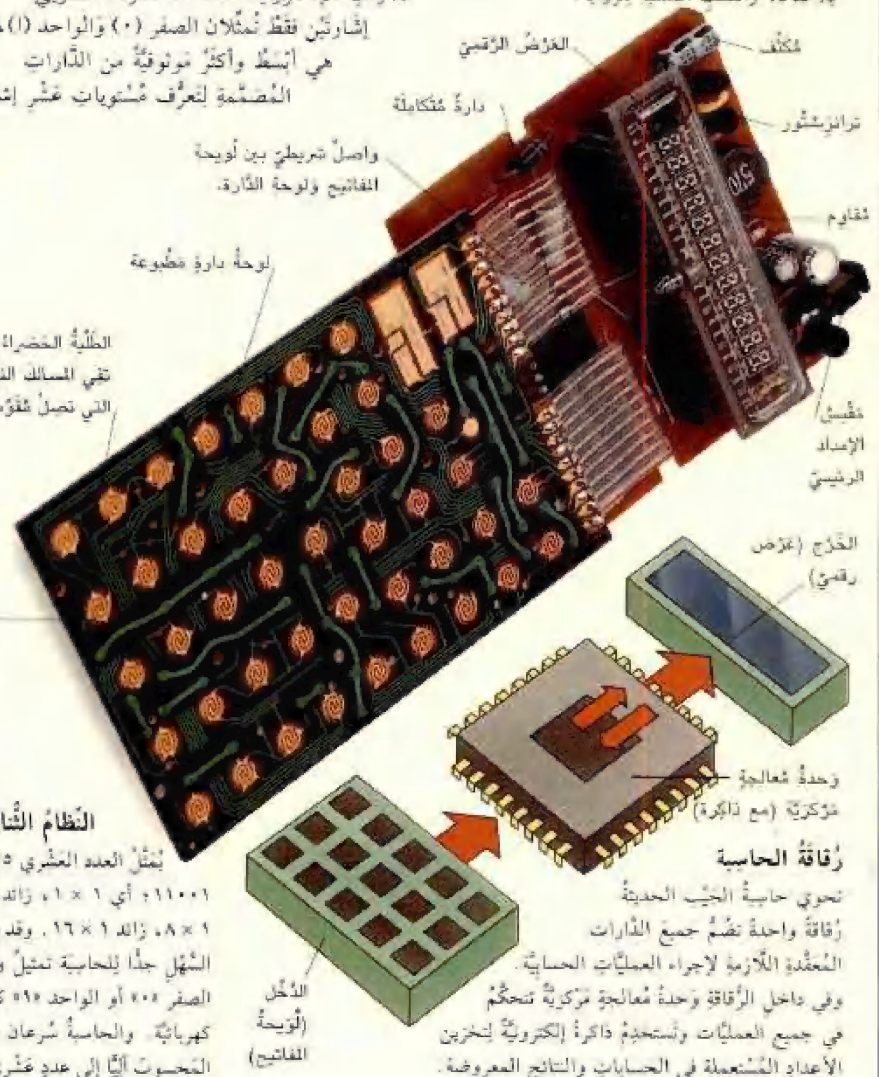
## النظام الثنائي

يُغلَّى العدد العشري ٢٥ مثلاً، في النظام الثنائي بـ ١١٠٠١ أي ١ × ١٦ + ١ × ٨ + ٠ × ٤ + ٠ × ٢ + ١ × ١، زائد ٤ × ٨ + ١ × ١، زائد ١ × ١٦. وقد يبدو هذا لنا مُعقَّداً، لكنَّه من السهل جداً للحاسبة تمثيل وأختران وتُعرِّف كُلٍّ من الصفر ٠٠ أو الواحد ٠١ كأنعدام أو وجود مُعلنة كهربائية. والحاسبة شرعان ما تُحوِّل العدد الثنائي المُحوَّل إلى عدد عشري يُظهر على إطار العرض.



## حاسبة الجيب

حاسبة الجيب، أعلاه، تحوي ذاكرة إضافية لتخزين الأعداد التي يُحتاج إليها في الحاسبة لاحقاً. كما يُمكنها إيجاد الجذور التربيعية للأعداد، والنسب المئوية إلخ.





# الحواسيب



الحاسوب المنصر

الحاسوب المنصر الحقيقي يُمكنُ الناس من العمل أثناء السفر. بعض هذه الحواسيب يخزن المعلومات في ذاكرة مُداومة القدرة بينما يخزن بعضها الآخر المعلومات في وحدة تخزين قُرصية.

تستطيعُ الحواسيبُ مُساعدتك في كتابة الرسائل ورسم الصور والسُّلوى بالألعاب وإجراء العمليات الحسابية بسرعة، وفي القيام بمُهمّات عديدة أخرى. فقد يلزمك مثلاً، ساعاتٍ لاحتساب وتدوين جدول ضرب العدد ١٢ حتى ٣٠٠٠ ضرب ١٢؛ لكن الحاسوب يستطيع إنجاز ذلك في جدول أنيق الطباعة خالي من الأخطاء ضمن دقائق معدودات. يتناول الحاسوب النصوص المختلفة بتخزينها رموزاً تمثل حروف الأبجدية والفُسحات وعلامات الترقيم؛ واستخدام الحاسوب في كتابة النصوص وتحريرها يُسمى معالجة الكلمات. ويساعد الحاسوب أيضاً في إنتاج المخططات والرسوم البيانية دون الحاجة إلى ورق وأقلام. وفي أعمال النشر النُصديّ يجمع الحاسوب الكلمات والصور لإنتاج الجرائد والكُتب والمجلات في المكتب. فيتواجد البرامج والمعدات (العناد) الحاسوبية الملائمة يُمكنك القيام بجميع هذه الأشياء وكثير غيرها.

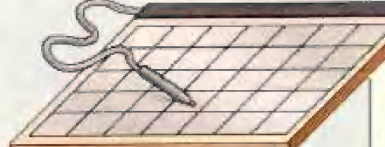
## الحاسوب البتّي

الحاسوب المنزلي النموذجي مُزوّد بتناظٍ لإدخال البيانات (المعلومات) والبرامج. وفي داخله داراتٌ إلكترونية تقوم بالعمليات وتُرسل النتائج إلى تِناظ الخرج. ويُغذى الحاسوب بالبرامج المُسجّلة على أشرطة مغناطيسية أو أقراص مباشرة أو باستنطاقها في وحدة خاصة؛ كما يُمكن تغذيته بالمعلومات باستخدام لوحة مفاتيح أو أي تِناظ إدخال أخرى. أما خرج الحاسوب فهو عادةً على شكل كلمات أو أرقام أو صور تُعرض على شاشة أو تُطبع على ورق أو تُبثّعت أصواتاً عبر المُجهّز. ويمكن تخزين هذا الخرج على شريط أو قرص.



تُستخدم لوحة المفاتيح لإدخال المعلومات والأوامر.

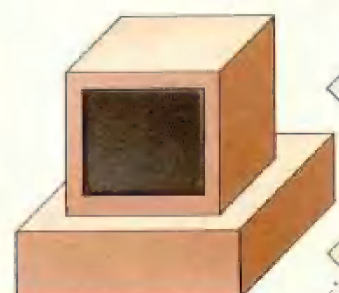
عند تحريك فأرة الحاسوب تدور كُرّة في أسفلها، ويتحوّل دورانها إلى إشارات إلكترونية تحرك عُرّاشاً على الشاشة.



عند جُرّ الرقْم على لوحة المخططات، تتحوّل الحركات إلى إشارات كهربائية، تجعل الحاسوب يُحاكيها خطوطاً على الشاشة.

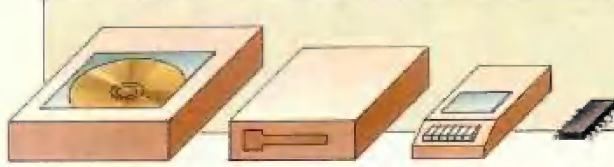


في شامسة بعض الألعاب الحاسوبية تُستخدم الرُج تخكّم لترجيح المركبات حول الشاشة.



## التخزين

الكثيرات الضخمة من المعلومات والتعليمات التي يتناولها الحاسوب لا بُد لها من تخزين. والتعليمات التي تولّف البرامج تُخزن عادةً ككتّابات على أشرطة مغناطيسية أو أقراص؛ فتغذى هذه التعليمات إلى الحاسوب وتُخزن مؤقتاً في رقائق الذاكرة. وهناك رقائق أخرى في الحاسوب تُخزن التعليمات على الدوام - كجيش الرسائل التي تُعرض على الشاشة (نُش) المُستخدم ماذا يفعل تالياً. وكثيراً ما تُستخدم الأشرطة المغناطيسية والأقراص أيضاً لتخزين ما أنجز من أعمال على الحاسوب.



تستطيع الأسطوانة المُدوّجة الواحدة، ذات الذاكرة القرائية فقط، تخزين كتلة ضخمة من المعلومات - ككتّويات عدّة كُتب مثلاً.	الأقراص المرنة أسرع عملاً من الكاسيتات الشريطية.	يمكن استخدام الكاسيتات في تخزين البرامج والمُعطيات.	تُخزن الرقائق المعلومات والبيانات ككتّيات إلكترونية.
--	--	---	--

## تِناظ الإخراج

يُمكنك عادةً مُساعدة عمل الحاسوب بِمُراقبة شاشته، كما يُمكنك الحصول على تسجيل دائم له في نُسخة مطبوعة، بإرسال المعلومات في الحاسوب إلى الطباعة. أحياناً يُغذى خرج الحاسوب إلى حاسوب آخر عبر خطّ تلفوني باستخدام المُودم (المُضَمّن المُستخلص)، وتستطيع الحواسيب أيضاً نقل توجّهاتنا إلى الروبوتات لتحرك حسب رغبتنا.

## تِناظ الإدخال

الحواسيب المُعدّدة الأغراض لها لوحة مفاتيح تضم جميع حروف وأرقام الآلة الكاتبة، بالإضافة إلى بضعة مفاتيح أخرى. وتُستخدم لوحة المفاتيح في تغذية الحاسوب بالكلمات والأرقام، كما أيضاً في طباعة التوجيهات وفي تحريك اللامين أو الأشياء هنا وهناك على الشاشة في اللعب. لكن هناك تِناظ إدخال أخرى قد تكون أحياناً أكثر إفادة؛ فبدلاً من التحكم مثلاً أفضل من لوحة المفاتيح في توجيه الأشياء المتحركة في الألعاب؛ كما إنّ فأرة الحاسوب يمكن تحريكها على الطاولة لتحريك مؤشر على الشاشة. ويُمكن استخدام فأرة الحاسوب أيضاً في رسم الصور، لكن لوحة المخططات أفضل استعمالاً في ذلك. والعلامات الموسيقية يمكن إدخالها بلوحة مفاتيح كما الآلة الكاتبة، لكن من الأسر والأفضل استخدام لوحة مفاتيح موسيقية مُصمّمة خصيصاً لهذا الغرض.



## العتاد والبرامجيات

يحتاج الحاسوب إلى معدات (عتاد مادي) وأطقم معلومات وتعليمات (برامجيات)، بالإضافة إلى برامج نُظم تُشغلها، كي يُنجز أعمالاً مُعقدة. يتعامل الحاسوب بالمعلومات والتعليمات على شكل إشارات إلكترونية تُمثل أحلة وأصناف النظام الثاني. إن كتابة البرامج على هذا الشكل تستغرق وقتاً طويلاً، لذا تجري كتابتها بلغات برمجة خاصة تُشبه الإنكليزية نوعاً. وهذه اللغات تتحوّل أوتوماتياً إلى شكل يفهمه الحاسوب.

## الحاسوب

الحاسوب الشخصي صندوق يحوي الوحدات الإلكترونية الرئيسية، ومجهز بمقاييس لتوصيل مأخذ الإمداد ولوحة المفاتيح والمِرْقَاب والطابعة وأجهزة أخرى. تُرتّب وحدات الأقراص (المستأدة سَوَاقَات) عادة داخل الصندوق لكن الجهاز يُرَوّد غالباً بمقاييس لتوصيل سَوَاقَات أقراص أخرى.

تُوجد هذه المقاييس (المفاتيح) الخشنة تحت لوحة المفاتيح.

## لوحة المفاتيح

لوحة المفاتيح تضم الكثير من مفاتيح انعطافية الأزرار نوُسُومَة بالحروف ورموز أخرى. والذي يحدث عند نَظْم مفتاح مُعَيَّن منها يتوقّف على كَيْفِيَّة برُمُجَة الحاسوب. فقد تُعرَض هِجْوَلة المفتاح حرفاً هِجْائياً على الشاشة، أو تُحرّك شخصيّة في إحدى ألعاب المغامرة، بأنحاء مُعَيَّن.

## الحواسيب

١٦٤٢ بليز بِلْشَاك (١٦٢٣-١٦٦٢) بِنْتِكْر مَكِينَة حاسبة ميكانيكية.  
١٨٠٥ جوزيف جَاكَا (١٧٥٢-١٨٣٩) يصنَع لَوَلَا أَوْتَوِمَاتِيًا تُضَبِّطُ السَّاعَة نُقُوشَه بِطَاقَات مُثَلِّبَة. وقد أُسْتُخْدِم بِمِثْلِ هَذِهِ الطَاقَات فِي الحَوَاسِب لِأَجَلًا.  
١٨٣٣ شارل باباج يصنَع المَكِينَة التحليلية - أول حاسوب عام الأغراض قابل للبرمجة.  
١٨٩٠ هرمن هولرث (١٨٦٥-١٩٢٩) يُسْتخدِم نظام البطاقات المثقبة، مُسرّعاً إحصاء السكان في الولايات المتحدة الأمريكية مئات المرات.  
١٩٤٦ المهندسون في الولايات المتحدة يصنعون أول حاسوب إلكتروني رقمي.  
١٩٥١ فريق المهندسين ذاته يُصنَعون بِلْشَاك ١ - أول حاسوب يُضَمَّن على نطاق واسع - صورة مشغورية لداوية شتكلية

## المِرْقَاب

المِرْقَاب أو وَحْدَة العُرْض الترنزي، هو عادة وحدة مُفَصَّلَة يُرِيقُهَا كَبَلٌ بالحاسوب. تُصنَع مُرَاقِب الحواسيب بحيث تعطي صوراً عالية النوعية - يُقرأ ما على الشاشة فيها دون إجهاد البصر. بعض الحواسيب على اتصال دائم بمِرْقَاب.

## المِرْقَابَة التوفيرية

الحواسيب الرخيصة تحوي مُضَبَّنًا يُحوِّل إشارات الحاسوب إلى إشارات شبيهة بالإشارات التي تحمل البرامج التلفزيونية. وهذا يُمكن من مَوَاقِف هذه الإشارات وعرضها على جهاز تلفزيوني عادي. غير أن نوعية الصورة لا تُضاهي تلك التي تُوفِّرها المِرْقَابَة المصنَّعة بالحواسيب؛ وقد تتعلّل قراءة الكلمات عليها.

الخروج عن الشاشة أو الطابعة

رُقَاقَة «ذاكرة» الوُضُول العُشْوَائِيَّة

الإدخال عن طريق لوحة المفاتيح

رُقَاقَة «ذاكرة» القراءة فقط

## وَحْدَة المُعَالِجَة المركزية

وَحْدَة المُعَالِجَة المركزية هي مُركَز عمليات الحاسوب وتُتألَّف من أعداد كبيرة من الدوائر الإلكترونية المُتَمَعِّجَة في رُقَاقَة واحدة تُسمَّى المُعَالِج الصِّغَرِي. تتلقّى هذه الوَحْدَة المُعَالِجَات من لَوَحَة المفاتيح ومن «ذاكرة القراءة فقط» كما من «ذاكرة الوُضُول العُشْوَائِيَّة». ويُمكنها أيضاً إرسال البيانات أو المُعَالِجَات لِتُخزِن في «ذاكرة الوُضُول العُشْوَائِيَّة»، وإرسال البيانات إلى المِرْقَاب (والتي تُأخِذ الخُرج الأخرى).

## لمزيد من المعلومات انظر

- العلماء - كيف وماذا يعملون! ص ١٤
- المِغْناطِيسِيَّة ص ١٥٤
- التلفزيون ص ١٦٦
- الدَّائِرَات المُتَكَامِلَة ص ١٧٠
- الحواسيب ص ١٧٢
- استخدام الحواسيب ص ١٧٥
- حقائق ومعلومات ص ٤١٠

## ذاكرات الحاسوب

تُخزِن رُقَاقَات «ذاكرة القراءة

فقط» المعلومات التي يحتاجها

الحاسوب على الدوام، وتُؤَلَّف رُقَاقَات

أخرى «ذاكرة الوُضُول العُشْوَائِيَّة». «ذاكرة

القراءة فقط» تُشَبِّه الكُتَاب يُسْتَقْبَل منها الحاسوب

المعلومات، ولا يُضَيَّف إليها شَيْءٌ، فيما «ذاكرة الوُضُول العُشْوَائِيَّة» تُشَبِّه

المُفَكِّرَة يُخزِن فيها الحاسوب معلومات يُسْتَطِيع أَسْتِخْدَامُهَا أو تَغْيِيرُهَا عِنْد

الحاجة؛ لكن هذه المعلومات تُفْقَد عِنْد وَقْف الحاسوب. والأقراص أيضاً

لِبَاقِط تُخزِن؛ وتُستخدَم المِرْنَة منها في نقل المعلومات بين الحواسيب.

يُحوي الكثير من الحواسيب سَوَاقَة الأقراص مِغْناطِيسِيَّة طَبْلِيَّة (جاسنة) مُثَبَّتَة فيها لِتُخزِن البرامج والمُعطِيات، والأقراص الصلبة في شعوبها لا يُمكن نَزْعُهَا من المَكِينَة.

الأقراص المرنّة، في أغلفتها الدائنية الواقية، ويكتنات الأقراص الطبلية يُمكن نَزْعُهَا من الحاسوب.

قُرْصٌ صلب

قُرْصٌ صلب

كِنَانَة

رُقَاقَة



# استخدام الحواسيب

الحواسيب البيئية، في معظمها، ذات برامج متعددة، فيمكن استخدامها بطرق مختلفة في الألعاب الحاسوبية مثلا، أو في معالجة الكلمات. لكن الكثير من الحواسيب هي مكنات مكرسة تختص بعمل واحد فقط، وتختلف شكلا عن سواها. فمكنة صرف النقد في المصارف مثلا، تستخدم التقنية الحاسوبية لتدقيق حسابات الزبائن وتمكنهم من سحب النقود. والمكنة المصرفية هذه هي مظراف حاسوبي

متصل بحاسوب المصرف المركزي حيث تختزن تفاصيل حسابات الزبائن. وتستخدم الحواسيب المتخصصة أيضا في التحكم بالعمليات الصناعية وأنظمة النقل، أو في محاكاة أوضاع الحياة الواقعية (كقيادة الطائرات مثلا) لأغراض البحث والتدريب.

## المحاكاة

يُدرَّب الطيارون ليصبحوا خبراء في قيادة الطائرات الحديثة المعقدة، حتى قبل أن يركبوا طائرة حقيقية. وذلك بفضل مركبة المحاكاة المتحكم بها حاسوبيا. فالحاسوب يجعل مركبة المحاكاة تستجيب لمختلف التأثيرات كما الطائرة الحقيقية، من تحريك وميل في مختلف الاتجاهات. وتعرض لوحات التحكم قراءة وأرقامًا واقعية لقياسات كالارتفاع والسرعة ومقدار الوقود المتبقي في كل خزان.

يُختبر تصميم السيارة هذا لفاتحة الهواء باستخدام حاسوب «كراي» الفائق.



## التصميم

### المعان حاسوبيا

طريقة لتصميم الأشياء باستخدام مخططات الرسم الحاسوبية. فتغذي المعلومات كاملة إلى الحاسوب الذي يعرض مخطط الشيء المطلوب على الشاشة. ثم يغذي الحاسوب بطرود تشغيل مختلفة لاختيار التصميم. فتتخذ بذلك اجراء التصميم الركيكة، وتجرى التحسينات عليها.

## آلان تورينج

أسهم عالم الرياضيات البريطاني آلان تورينج (١٩١٢-١٩٥٤) بشكل رئيسي في وضع النظريات المستخدمة في الحوسبة الحديثة. وقد ساعد في تطوير النماذج الإلكترونية والأفكار التي استُخدمت في فك رموز الرسائل السرية الألمانية خلال الحرب العالمية الثانية (١٩٣٩-١٩٤٥). وكان أول من أشار إلى إمكانية «الذكاء» في الحواسيب.



## توافذ «حقيقية»

تستخدم مخططات الرسوم الحاسوبية لخلق مناظر واقعية، في «توافذ» جهاز محاكاة الطيران، تتغير تمامًا كما تتغير المشاهد الحقيقية في طائرة سائرة. وهذا أمر بالغ الأهمية لإعطاء الطيار المدرب واقعا جسيما بما يشعر به قائد طائرة حقيقية.

الطيارون المدربون يجلسون بكافة القوى والمشاعر كما لو أنهم في طائرة حقيقية لأن أجهزة التحكم في مقصورة القيادة تشغل مكابس ضخمة تهيئ بالمركبة كأي طائرة.

## ذكاء الحواسيب

هل الحواسيب ذكية؟ بعض حواسيب الشطرنج تستطيع التغلب على معظم الناس لأن ذاكرتها الإلكترونية الشائعة تسمح لها بحساب جميع التحركات المحتملة مسبقا. والعلماء غير متفقين إن كان هذا ذكاء أم لا. والمشكلة الرئيسية هي عدم توافقيهم على ماهية الذكاء. والنقطة الجوهرية هي أن الحواسيب لا تفهم ما تقوم به!



## الواقع المتوهم

وسيلة لانتقال إلى عالم توهوم يُخلقه لك الحاسوب كواقع. فيخلق الحاسوب صورًا ثلاثية الأبعاد أمام عينيك وأصواتا مُجسمة في شبه حُفوة تُصير بوحدة يدوية. وكل حركة من حركات الوحدة البدوية تُنقل مترجمة إلى مجموعة المنظار وشاشة الرأس بحيث حين يتحرك الشخص ذراعه يبدو كأنه يلعب مباراة تنس على الشاشة. حتى إنه يسمع خبطة الكرة بالمضرب.



يشفق اللاعب عبر حُفوته الأصوات ويُشاهد ما قد يفعله فيما لو كان فعلا يلعب التنس.

## لزياد من المعلومات أنظروا

- العلماء - كيف وماذا يعملون! ص ١٤
- الحواسيب ص ١٧٣
- الروبوتات ص ١٧٦
- الأصوات الإلكترونية ص ١٨٩



# الرُّبُوطَات

معظم الروبوتات التي نراها في الأفلام تُشبه البشر إلى حدٍّ - فهي تمشي وتتكلم وتعالج ما قد يعترضها من مشاكل. الحقيقة أن معظم الروبوتات لا تشبهنا، وأكثرها يتواجد في المصانع. وروبوت المصانع في الغالب أحادي الذراع عديم الرجلين، ويتولى مهمة واحدة فقط. تتحكم الحواسيب في روبوتات الصناعة عبر التعليمات المخزنة في ذاكرتها الإلكترونية. ولعلَّ السبيل الأفضل لتسجيل الحركات والتعليمات المطلوبة للشغلة إكمال عامل بشري ماهر بأداء المهمة أولاً. فيختزن ما يقوم به العامل من حركات كإشارات إلكترونية يعمل الحاسوب على جعل الروبوت يحاكيها بدقة.

والروبوتات المختلفة تؤدي مهامَّ مختلفة كنقل البضائع واللحام واستكشاف الكواكب.



## الرُّبُوط في الحكايات

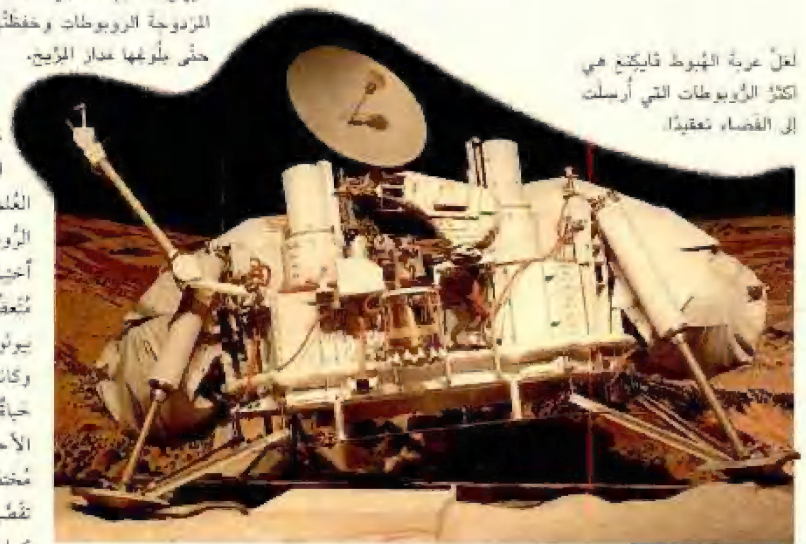
في فيلم «حرب النجوم» الروبوتات تُشبه البشر نوعاً. فأحدنا (سي ٣٧ بي أو) يستطيع التواصل بثلاثة ملايين طريقة مختلفة. والروبوت «آر ٢ دي ٢» يُعيد نصائح الشنن القصصية. والروبوتات الحقيقية ليست طبعاً على هذا القدر من تعدد المهارات، لكن منها، حالياً، ما يمكنه القيام بالترجمات البسيطة، وأخر تستطيع إجراء بعض التصليحات المُحددة.



## التغذية المرتدة

الأجسام السهلة التحكم قد تُشغّلها قوابض كاش الروبوت عند انقضاءها، فيعمل بجسأ الضغط، غير إشارة مُرندة إلى دائرة التحكم، على تحديد مقدار الشد اللازم للقبض الوطيد، وتُلقب أيّ تصاعيد في الضغط المُسلط عليها.

لعلَّ عربة الهبوط فايكنغ هي أكثر الروبوتات التي أرسلت إلى الفضاء تعقيداً.



## التخلص من القنابل

يستطيع خبراء التخلص من القنابل قنص الأشياء المشبوهة بأمان، بفضل هذا الروبوت المتحرك. فكاميرات التلّفة المُقفلة الدارة تُرسل إليهم، وهم على بُعد مأمون، صوراً شعاعية للأجسام المشبّه بها ومحتوياتها. والروبوت مُجهز بأنوار كشافة للحصول على صور واضحة ليلاً. وتُستخدم الكاميرات البعادي التحكم، في طرف الذراع الممدد، لالتقاط الأجسام المشبّه بها وإبعادها.

قوابض الاتصال مع خبير القنابل



أجهزة تُشكّل من الحركة فوق أرض وعرة.

تألف مشروع فايكنغ إلى كوكب المريخ من عريتين، العربة المدارية حملت عربة الهبوط المزدوجة الروبوتات وحفظتها حتى بلوغها مدار المريخ.

## بنّة إلى المريخ

تحققت على سطح المريخ عام ١٩٧٦ عربة فايكنغ المزدوجة

الروبوتات في نطاق قضبي

العلماء لإيجاد الحياة في المريخ.

الروبوتات عرقاً الثراب وأجرباً

أحشواتها للكشف عن وجود

مُتعضبات خبيث فيه، مُستخدمن مُختبراً

بيولوجياً أُعيد خصيصاً لهذا الغرض

وكانت النتائج سلبية. لكن ربما توجد

حياة في موقع آخر من هذا الكوكب

الأحمر، ولعلها تكون بأشكال

مختلفة عما نعرفه - فروبوت فايكنغ

تقنياً فقط الحياة العضوية الكيميائية،

كما نعرفها على الأرض!

## الروبوتات الصناعية

يقوم الروبوت هنا بلحام الأجزاء المعدنية في مصنع للسيارات، في حين يقوم غيره بزنس هياكل السيارات بالدهان. فالروبوتات لا تُضيق دُرعاً بأداء الوظيفة نفسها يومياً، كما البشر. وهي تستطيع مواصلة العمل دون كللي أو توقّف لقنوات أطول.

## لزيد من المعلومات انظر

الكربون ص ٤٠

الحواسيب ص ١٧٣

المريخ ص ٢٨٩

الشواير الفضائية ص ٣٠١



# الصَّوْتُ والضَّوُّ

الصَّوْتُ والضَّوُّ مُثَمَّائِلَانِ فِي بَعْضِ خَوَاصِّهِمَا وَمُخْتَلِفَانِ فِي خَوَاصِّ أُخْرَى. فَالْأَصْوَاتُ الَّتِي نَسْمَعُهَا وَالْمَشَاهِدُ الَّتِي نَرَاهَا تَصِلُنَا كطَاقَةٍ صَوْتِيَّةٍ أَوْ صَوْتِيَّةٍ عَلَى شَكْلِ تَمَوُّجَاتٍ تَخْتَلِفُ نَوْعًا وَتَرْدُدًا. طَاقَةُ الضَّوِّ مِنَ الشَّمْسِ تَدْفِي الْأَرْضَ وَتُسَمِّرُ بِيَاضَ الْجِلْدِ وَتَنْمِي الزَّرْعَ. وَطَاقَةُ الصَّوْتِ تُذَيِّبُ الْأَشْيَاءَ بِرَقَّةِ النِّعَمِ أَوْ تَهْرُهَا بِعُثْفٍ قَدْ يُحْطَمُ رُجَاجُ الْمَبَالِي فِي دَوَى اخْتِرَاقِ نَفَاثَةِ جِدَارِ الصَّوْتِ! لَكِنَّ الصَّوْتِ لَا يَنْتَقِلُ إِلَّا فِي الْمَادَّةِ، غَازِيَّةٍ أَوْ سَائِلَةٍ أَوْ جَامِدَةٍ، فِي حِينٍ يَنْتَقِلُ الضَّوُّ فِي الْمَوَادِّ الشَّفَافَةِ كَمَا فِي الْفَرَاغِ - فَنَحْنُ نَرَى النُّجُومَ السَّحِيقَةَ الْبُعْدَ بِالنُّورِ الصَّادِرِ مِنْهَا قَبْلَ آلَافِ السِّنِينَ.



## الرَّعْدُ وَالْبَرْقُ

ضَرْبَةُ الصَّاعِقَةِ تُطْلِقُ كَمِّيَّاتٍ ضَخْمَةً مِنَ الطَّاقَةِ الضَّوِّيَّةِ وَالصَّوْتِيَّةِ بِحَيْثُ يُكْبِنُ سَنَاعُ هَزِيمِهَا وَرُؤْيَا وَمِيزُهَا مِنْ تَسَافَاتٍ بَعِيدَةٍ جَدًّا. وَنَحْنُ نَرَى الْبَرْقَ قَبْلَ سَمَاعِ الرَّعْدِ لِأَنَّ الضَّوِّ أَسْرَعَ مِنَ الصَّوْتِ بِحَوَالِي مِيلْيُونِ مَرَّةٍ - فَتُشَاهِدُ الْبَرْقَ بَعْدَ بَضْعَةِ أَجْزَاءٍ مِنَ الْمِيلْيُونِ مِنَ الثَّانِيَةِ عَلَى سُدُوتِهِ، لَكِنَّهُ قَدْ لَا نَسْمَعُ الرَّعْدَ إِلَّا بَعْدَ يَضَعِ نَوَانٍ - عَلِمْنَا أَنَّهُمَا مُتَرَاكِبَانِ الْحُدُوثِ.

## الصُّورُ الصَوْتِيَّةُ

تَجْمَعُ الْكَامِرَاتُ الضَّوِّ لِيَكُونَ صُورًا عَلَى الْقَلَمِ أَوْ عَلَى شَاتَةِ التِّلْفِزِيُونِ وَالصَّوْتُ قَادِرٌ عَلَى تَكْوِينِ الصُّورِ أَيْضًا. هُنَا عَلَنَّا صُورَةَ لَيْحِينَ، فِي رَجْمِ أَنَّهُ، بِالْأَصْدَاءِ الصَوْتِيَّةِ. هَذِهِ الْأَصْدَاءُ الصَوْتِيَّةُ تُحْدِثُهَا الْأَمْوَاجُ فَوْقَ السَّمْعِيَّةِ الْعَالِيَةِ التَّرْدُّدِ جَدًّا أَثْنَاءَ عُبُورِهَا جَسَدَ الْأَمِّ. فَتُسَجِّلُ الْأَصْدَاءُ حَاسُوكَ لِتُعْطِيَ صُورَةً لِلْقَلَمِ قَبْلَ أَنْ يُولَدَ.



تَلَوُّنُ الشُّورَةِ اسْتِطَاعَةً.

## الناقُوسُ الصَّائِتُ

كَانَ الْفِيلَسُوفُ الْإِغْرِيكِيُّ الشَّهِيرُ، أَرِسْطُو، يَعْتَقِدُ أَنَّ كِلَا الصُّوْبِ وَالضَّوِّ يَنْتَقِلَانِ عَزَرِ الْهَوَاءِ كَمَا الْأَمْوَاجُ فِي الْبَحْرِ، وَأَنَّهُمَا بَالْتَأَنِي لَا يَسْتَطِيعَانِ الْإِنْتِقَالَ عَزَرِ الْفَرَاغِ. وَلَمْ يَكُنْ اخْتِيَارُ نَظَرِيَّةِ أَرِسْطُو مُمَكِّنًا قَبْلَ الْفَرَنِّ السَّابِعِ عَشَرَ حِينَ تَمَكَّنَ الْعُلَمَاءُ مِنْ إِحْدَاثِ فَرَاغٍ كَامِلٍ. وَالتَّجَرِبَةُ الْأَشْهَرُ فِي هَذَا الْمَجَالِ أَجْرَاهَا الْعَالِمُ الْإِيرْلَنْدِيُّ، رُوبَرْتُ بُوِيل، عَامَ ١٦٥٨. قَدْ صَنَعَ الْهَوَاءَ بِطَاقَةٍ مِنَ نَاقُوسٍ رُجَاجِيٍّ بِحَوِي سَاعَةِ تَكَاكُدٍ، وَلَا عَظْمَ اخْتِيفَاءِ صَوْتِ تَكَاكُدِ السَّاعَةِ تَدْرِيجِيًّا، ثُمَّ تَمَامًا عِنْدَمَا أَفْرَغَ النَاقُوسَ مِنَ الْهَوَاءِ. فَاسْتَجَبَ بُوِيلُ أَنَّ الصَّوْتِ يَنْتَقِلُ بِالْهَوَاءِ إِلَى آذَانِهِ، وَأَنَّ مَا تَوَقَّعَهُ أَرِسْطُو صَحِيحٌ بِالنِّسْبَةِ لِلصَّوْتِ.



رُوبَرْتُ بُوِيلُ

صَوْتُ تَكَاكُدِ السَّاعَةِ خُطِّتِ تَدْرِيجِيًّا حَتَّى انْقَطَعَ أَثْنَاءَ صَنَعِ الْهَوَاءِ خَارِجَ النَاقُوسِ.

تَتَأَلَّفُ خُصْلَةُ الْأَلْيَافِ الْبَصَرِيَّةِ هَذِهِ مِنْ ٢٠٠٠ لَيْقَةٍ.

## الانِّصَالَاتُ

الصَّوْتُ والضَّوُّ كِلَاهُمَا وَسِيلَةُ تَوَاضُلٍ، فَالْأَصْوَاتُ تَتَحَادَثُ، وَبِالضَّوِّ يَرَى وَاجِدُنَا الْآخَرَ. وَالْأَنْظُمَةُ التِّلْفُوزِيَّةُ تَحَوِّلُ الْأَصْوَاتَ إِلَى إِشَارَاتٍ كَهْرِبَائِيَّةٍ تَنْتَقِلُ سَيْلَكًا أَوْ لَاسِيَكًا عَزَرِ السَّوَالِقِ إِلَى جَمِيعِ أَنْحَاءِ الْعَالَمِ. وَتُسْتَخْدَمُ شَكَاكُ الْإِنْتِصَالِ الْحَدِيثَةِ الْأَلْيَافِ الْبَصَرِيَّةِ لِتَقْلِلِ الْمَعْلُومَاتِ، فَتَحْبُلُ الْبُيُوتَاتُ الضَّوِّيَّةُ الْمُكَامِلَاتُ التِّلْفُوزِيَّةُ وَالصُّورُ التِّلْفُوزِيَّةُ وَالْبَيِّنَاتُ الْحَاسُوتِيَّةُ فِي كُبُولٍ مِنَ الْأَلْيَافِ الرَّجَاجِيَّةِ الدَّقِيقَةِ.



## الفَضَاءُ الصَّائِتُ

لَيْسَ فِي الْفَضَاءِ هَوَاءٌ،

وَبَالْتَأَنِي فَلَا تَسْمَعُ أَصْوَاتَ

فِيهِ. لِهَذَا يَتَعَبَّلُ رُؤَاةُ الْفَضَاءِ

بَعْضُهُمْ بِبَعْضٍ بِوَسْطَةِ الرَّادِيوِ،

لِأَنَّ الْأَمْوَاجَ الرَّادِيوِيَّةَ، بِخِلَافِ أَمْوَاجِ

الصَّوْتِ، تَسْتَطِيعُ الْإِنْتِقَالَ فِي الْفَرَاغِ. وَالرَّادِيوُ يُرَوِّنُ بَعْضُهُمْ بَعْضًا

فِي الْفَضَاءِ لِأَنَّ الضَّوِّ، كَالْأَمْوَاجِ الرَّادِيوِيَّةِ، يَنْتَقِلُ عَزَرِ الْفَرَاغِ.





# الصَّوت

نحن نعيش في عالمٍ يعبج بالأصوات؛ بعضها يحدث طبيعياً - كقصص الرعد، وزمجرة أمواج البحر المتكسرة على الشواطئ، وهزيم الرياح؛ وبعضها الآخر يُنتج لهدفٍ مُعين - كزققة العصفير لاجتذاب الوُلف، وصري الخفافيش لتحديد موقع الفريسة، وكلام الناس للتواصل فيما بينهم. بعض الأصوات لا يبدو كونه ضجيجاً مُزعجاً يُلوث البيئة: كضجيج حركة المرور، وهدير الطائرات، وجلبة مكينات المصانع. الأصوات على اختلافها سببها الاهتزاز أو الدُّبْدبة - أي الحركة السريعة لجسيمات المادة يرتطم بعضها ببعض ناقلية الطاقة كنبض أو موجة متحركة. يُمكنك تحسُّس الدُّبْدبات الصوتية بوضع أطراف أصابعك على حلقك أثناء التكلُّم، أو لمس جرس الدراجة برفق وهو يرن.



## الدُّبْدبات

يتذبذب خرص الناقوس عند قُرعه - فينتج بسرعة إقبالا وإقبالا دافعا جزيئات الهواء حولها جيئةً ودُعاها، جاعلاً ضغط الهواء يعلو ويهبط. وتنتقل تثيرات الضَّغط هذه بتصادمات جزيئات الهواء ناقلية الموجات الصوتية بعيداً عن الجرس كتضاغطات حيث يترابض ضغط الهواء وتخلخلات حيث ينخفض.

حركة طرف النابض  
إلى أعلى وإلى أسفل  
لإرسال موجة  
مُستعرضة عليه.

اتجاه الموجة

شُد طرف النابض نحو الداخل والخارج لإرسال موجة طولية عبر أمتداده.

## أمواج الطاقة

عندما ترمي حجراً في الماء، تنتشر الأمواج من مركز مَعاصيه متحركة عبر السطح مع دُبْدبة جزيئات الماء ضُعُوداً وهُبُوطاً مُعامدةً مع اتجاه مسار الموجة. ويُعرف هذا النوع من الأمواج بالأمواج المُستعرضة. لكن عندما تنتقل موجة صوتية عبر الهواء، فإن جزيئات الهواء تتذبذب جيئةً ودُعاهاً باتجاه مسار الصوت؛ وهذا النوع من الأمواج يُعرف بالأمواج الطولية. ويُمكنك إرسال كلا نوعي الأمواج هذين على نابض لولبي.

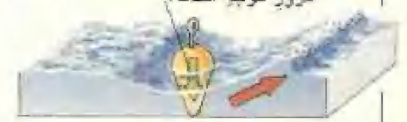


## الأمواج المُستعرضة

مُزج الماء مثل جيد على الأمواج المُستعرضة. تتحرك العانة فوق الماء جزيئاً وثلاً. فعند مرور موجة مائية حاملة للطاقة، تتذبذب جزيئات الماء ضُعُوداً وهُبُوطاً معها، كما العانة الجزيئات قائماً لا تتنقل مع الموجة - بل تتحرك فقط ضُعُوداً وهُبُوطاً في الموقع نفسه.



تهبط العانة بغد مرور موجة الطاقة



## الأصوات المائية

في الماء ينتقل الصوت بسرعة أكبر، ويُفقد طاقته بسرعة أقل منها في الهواء؛ لذا تنتقل الأصوات تحت الماء مسافات أطول قبل أن تُخبو. تُستخدم الحيتان، كما الدلافين، الأصوات للاتصال فيما بينها ولتحديد اتجاهاتها تحت الماء. وبعض الحيتان يُغني الحاناً تصل إلى مئات الكيلومترات عبر المحيطات.



## الأمواج الزلزالية

تُؤد الزلازل والانفجارات أمواجاً زلزالية - هي في الواقع أمواج صوتية تنتقل عبر الأرض؛ وتُشغل اهتزازات هذه الأمواج بمرسمة الزلازل (السيزوغراف). ومن دراسة هذه الأمواج، يستطيع أخصائيو الزلازل معرفة مركز الزلزال وشِدتها، كما يُمكنهم بواسطتها جمع المعلومات عن باطن الأرض.



مرسمة الدُّبْدبات (الاهتزازات) الناتجة عن الزلازل، أو الانفجار، على سجل مقياس الزلزال (السيزوغراف أو السيزومتر).





## سُرْعَةُ الصَّوْتِ

كان وليم درهام (١٦٥٧-١٧٣٥) أحد أوَّل الذين حدَّدوا سُرْعَةَ الصَّوْتِ بِدِقَّةٍ. ففي عام ١٧٠٨، وقَّفت في مكانٍ مُشرفٍ في إقليم إيسكس بإنكلترا يُراقِبُ إطلاقَ مدفعٍ يبعدُ عنه ١٩ كيلومترًا. ثمَّ قاسَ الفترة الزمنية الفاصلة بين وميضِ الطلقة ودويِّها. ولكي يلغى تأثيرَ تغيُّرات اتجاه الرِّيح اعتمدَ مُعدِّلَ عدَّة تجارب، فكانت نتيجة قُرْبَية من القيمة المُعتمدة حاليًا لِسُرْعَةِ الصوت وهي ٣٤٣ م/ث على درجة ٢٠° س.

تتغيَّر سُرْعَةُ الصوت في الهواء بتغيُّر درجة الحرارة؛ فهي ٣٣١ م/ث في درجة الصفر سيلسيوس (ستيفنغرام) و ٣٥٤ م/ث على درجة ٤٠° س.



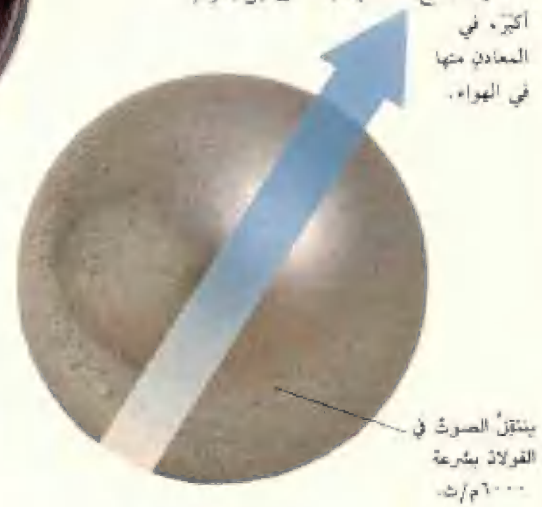
### سُرْعَاتُ الصَّوْتِ الْمُخْتَلِفَةِ

ينتقلُ الصَّوْتُ في الجوايد والسَّوائل بِسُرْعَةٍ أكبرَ منها في الغازات. فالحواميد والسَّوائل أجسامٌ من الغازات لأنَّ جزيئاتها أكثرُ تلاحقًا فيما بينها. وهي تتردَّدُ لاستيعاد شكلها بِسُرْعَةٍ بعدَ الانضغاط، فتنبُرُ النبضات الصوتية بِسُرْعَةٍ أكبر. ينتقلُ الصوت في الماء بِسُرْعَةٍ تعادلُ خمسة أضعاف سُرْعته في الهواء تقريبًا، وفي الفولاذ بِسُرْعَةٍ تعادلُ حوالي ٢٠ ضعفًا.



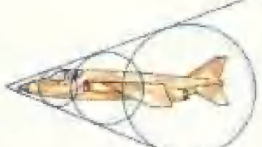
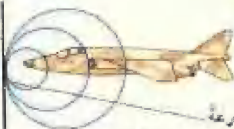
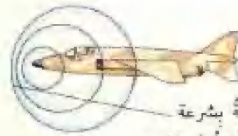
### الاتصالات بالذَّق

العُمال الذين شَقُّوا النُّفق تحت القناة الإنكليزيَّة يُربط المملوكَة المُتحدة بأوروبا كانوا يتواصلون بالذَّق على الأنابيب المعدنية - فالصوت يُقطع مسافات أبعد، وينتقل بِسُرْعَةٍ أكبر، في المعادن منها في الهواء.



### الأمواج الصَّدْمِيَّة

تسيرُ النَّفَّاثَاتُ فوق الصوتية بِسُرْعَةٍ تُفوقُ سُرْعَةَ الصوت، لذا لا يُمكنك سَمْعُها وهي قادمةٌ نحوكَ - لأنها تتجاوزكَ قَبْلَ وُصول صوتها إليك. لكنَّ صوتها اللاحق يصلُ فجأةً كموجةٍ صدميةٍ تُحدث ما يُسمَّى دويٌّ أخيراني جدار الصوت.



عندما تخترقُ الطائرة جدار الصوت تُخلِّفُ وراءها فَوْجَةً صَدْمِيَّةً تُحدث دويًّا هائلًا.



### فَرْقَعَةُ السُّوطِ

قد تكونُ فَرْقَعَةُ السُّوطِ ناتِجَةً عن تحريك طرفيهِ بِسُرْعَةٍ تُفوقُ سُرْعَةَ الصوت - فمَوْلانا بذلك فَوْجَةً صَدْمِيَّةً.

### إِرْنِسْت مَاح

وصَفَ الفيزيائيُّ النمساويُّ، إِرْنِسْت مَاح (١٨٣٨-١٩١٦) تَكَوُّنَ الأمواج الصَّدْمِيَّةِ أَكْثَرَ من خمسين عامًا قَبْلَ تحقيقِ الطيران بِسُرْعَةٍ فوق صوتية. وإكرامًا له تُستخدَمُ الأرقامُ المَاحِيَّةُ اليومَ لَتَقْدِيرِ سُرْعَةِ الطائرات على أساس سُرْعَةِ الصوت. فالطائرةُ السائرةُ بِسُرْعَةِ الصوت سُرْعَتها مَاح واحد (١ مَاح)؛ وسُرْعَةُ ٢ مَاح تُعادلُ ضِعْفَي سُرْعَةِ الصوت. طائراتُ الرِّكاب جميعها، عدا الكونكورد، تطيرُ بِسُرْعَةٍ دون الصوتية (أي أقلَّ من مَاح واحد)؛ أمَّا الكونكورد فهي فوق صوتية إذ تطيرُ بِسُرْعَةِ ٢ مَاح.



### لمزيد من المعلومات انظر

- حالات المادة ص ١٨
- خصائص المادة ص ٢٢
- الترابطة الكيميائية ص ٢٨
- الاهتزازات ص ١٢٦
- الهزات الأرضية (الزلازل) ص ٢٢٠

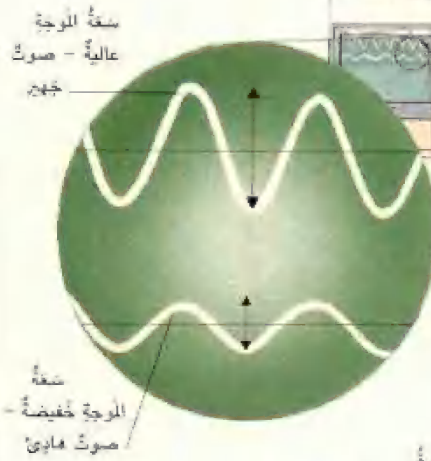


# قياسُ الصَّوت

الأصوات قد تكونُ جَهِيرَةً أو هَادِئَةً، عاليةً دَرَجَةَ النِّعَم كالصفَّارة، أو خَفِيفَتَهَا كمُجَرِّكِ السَّيَّارة. بعضُ الأصوات مُنْتَعٍ، وبعضُها الآخرُ مُزْعِجٌ أو حتَّى مُؤْلِمٌ. فما الذي يجعلُ صوتًا ما يَخْتَلِفُ عن آخر؟ واضِحٌ أنَّ السَّرعَةَ لا عَلاقَةَ لَهَا بِذلك، فكلُّ الأصواتِ تَنْتَقِلُ بِالسَّرعَةِ ذاتِها، وآلا لكانتِ أصواتُ آلاتِ الجُوقَةِ الموسيقيَّةِ تَصِلُ إلى آذاننا صوتًا بعدَ الآخرِ مُخَبَّصَةً مُسَوَّسَةً. الجوابُ هو أنَّ الأصواتِ المُخْتَلَفَةَ مِثَابِيَّةً شَكْلُ الأمواج. فَسَعَةُ الموجَةِ الصَّوتِيَّةِ هي التي تجعلُ الصوتَ هادِئًا أو جَهِيرًا؛ كما إنَّ تَرَدُّدَ الموجَةِ الصَّوتِيَّةِ هو الذي يَحْكُمُ في عُلُوِّ دَرَجَةِ النِّعَمِ (أي طَبَقَةِ الصوت) أو آنِخافِضِها. أما الطَّوْلُ المَوْجِيّ - وهو المِساَفَةُ بينَ تَصاعُطَينِ مَوْجِيَّينِ (ذُرُوتَينِ) - فَعلاقَتُهُ مُباشِرَةٌ الِارتِباطُ بِالتَّرَدُّدِ بِنِسْبَةٍ عَكْسيَّةٍ.



الميكروفون، المُرسِلُ بِكاشِقِ الذَّبْدِيَّةِ، يُحوِّلُ صوتَ النَّاسِ إلى إشاراتٍ كهربائيَّةٍ.



## سَعَةُ الموجَةِ

يَعْرِضُ كاشِفُ الذَّبْدِيَّةِ نَمَطَ الموجَةِ الصَّوتِيَّةِ على شاشَتِهِ مِثَابًا لارتفاعِ ضَغْطِ الهِواءِ وَهَبوطِهِ أَثناءَ مُرُورِ الموجَةِ الصَّوتِيَّةِ عِزِّ الميكروفون. فإذا أَرْتَفَعَتْ جَهَارَةُ الصوتِ زِدَادَتْ تَغْيِراتُ الضَّغْطِ وَازْدَادَتْ سَعَةُ الموجَةِ.

## هَنْرِيخ هِرْتز

الفيزيائيُّ الأَلمانيُّ، هَنْرِيخ هِرْتز (١٨٥٧-١٨٩٤) كانَ أوَّلَ مَنْ أَنجَحَ أَمَاجًا رَاديويَّةً وَكشَفَ عَن وُجُودِها. وَقد سَمَّيْتُ وَحْدَةُ التَّرَدُّدِ الهِرْتز. السُّتُخْدَةُ لِجَمِيعِ أنواعِ الأمواجِ الذَّبْدِيَّاتِ - بِما فِيها الأمواجِ الصَّوتِيَّةِ وَالرَّاديويَّةِ وَالضَّوئيةِ، بِاسْمِهِ. وَالهِرْتز يُساوِي ذَبْدِيَّةً وَاحِدَةً في الثَّانِيَةِ.

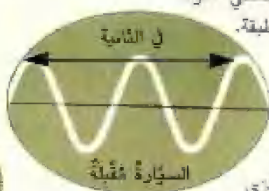
## التَّرَدُّدُ

تَرَدُّدُ الموجَةِ هي عَدَدُ ذَبْدِيَّاتِها في الثَّانِيَةِ، وَيُقاسُ بِعَدَدِ الذَّرَيِّ التَّوَجِّيِّ العابِرَةِ في تلكِ الفِترَةِ. فالَمَوْجَةُ ذاتِ التَّرَدُّدِ الخَفِيفِ طَوِيلَةُ الطَّوْلِ التَّوَجِّيِّ؛ وَذاتِ التَّرَدُّدِ العَاليِ قَصِيرَةُ الطَّوْلِ التَّوَجِّيِّ. فَالأمواجُ العَاليَةُ التَّرَدُّدِ القَصِيرَةُ الطَّوْلِ التَّوَجِّيِّ تُعْطِي صوتًا عَاليَ الطَّيْقَةِ، فِيمَا الصَّوتُ مِن الأمواجِ الخَفِيفَةِ التَّرَدُّدِ والطَّوِيلَةِ الطَّوْلِ التَّوَجِّيِّ خَفِيفُ دَرَجَةِ النِّعَمِ.

الأمواجُ الخَفِيفَةُ التَّرَدُّدُ تُعْطِي صوتًا خَفِيفُ الطَّيْقَةِ.



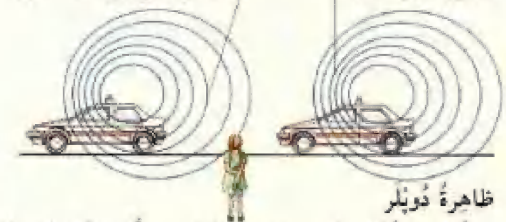
الأمواجُ العَاليَةُ التَّرَدُّدُ تُعْطِي صوتًا عَاليَ الطَّيْقَةِ.



تَظْهَرُ ذُرَيَّاتُ أمواجِ الصوتِ العَاليَةِ التَّرَدُّدِ عَلى الشَّاشَةِ مُتَلَفَّةً أَكْثَرَ مِن ذُرَيَّاتِ الأمواجِ الخَفِيفَةِ التَّرَدُّدِ، لِأَنَّها بِاصِلَةٌ مِنها إلى الميكروفون في وَحْدَةِ الزَّمَنِ أَكْثَرَ.

بعدَ أن تَجاوَزَ السَّيَّارَةُ مُتَبَرِّدَةً، تُصْبِحُ الأمواجُ الصَّوتِيَّةُ طَوْلُها وَالنِّعَمُ خَفِيفٌ.

حَقَّارَةُ السَّيَّارَةِ القادِمَةِ نَحْوُكَ تُبْثِّعُ أَمَاجًا قَصِيرَةً عَاليَةَ التَّرَدُّدِ.



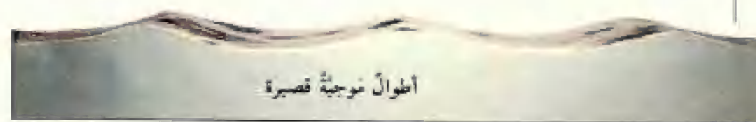
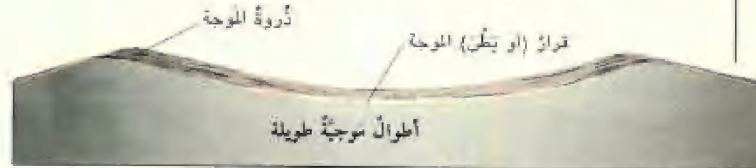
## ظاهِرَةُ دُوبِلَر

طَبَقَةُ أو دَرَجَةُ نِعمِ الصوتِ التي نَسْمَعُها مِن صَفَّارَةِ سَيَّارَةِ الشَّرْطَةِ العابِرَةِ بِسَريعَةٍ تَعْتَمِدُ عَلى ما إذا كانَتِ السَّيَّارَةُ قادِمَةً نَحْوُكَ أو مُتَبَرِّدَةً عَنكَ. فَالسَّيَّارَةُ المُتَقَرِّبَةُ تُضاعِفُ الأمواجَ الصَّوتِيَّةَ أَمَامَها وَتُضاعِفُ فِجْلَ أطوالِها وَتَزِدُّ تَرَدُّدَها، فَتَظْهَرُ طَبَقَةُ الصَّغِيرِ. أَمَّا خَلْفَ السَّيَّارَةِ المُتَبَرِّدَةِ فَتَقْصُرُ الأمواجُ الصَّوتِيَّةُ، وَالأمواجُ الأطوْلُ ذاتِ تَرَدُّدٍ أخَفِيفٍ تَسْمَعُ الصَّغِيرُ المُتَبَرِّدُ أخَفِيفَ طَبَقَةٍ.



## الطَّوْلُ المَوْجِيّ

الأمواجُ القَصِيرَةُ أو الطَّوِيلَةُ تُشْهِلُ مِشاوَدَتَها في المِماءِ. فَالطَّوْلُ المَوْجِيّ لِمَوْجَةٍ مائِيَّةٍ هو المِساَفَةُ بينَ ذُرُوتَينِ مُتَجاوِزَتَينِ كَمَا الطَّوْلُ المَوْجِيّ لِمَوْجَةٍ صُوتِيَّةٍ هو المِساَفَةُ بينَ تَصاعُطَينِ مُتَجاوِزَتَينِ. الأمواجُ مُتَلَفَّةٌ مُقارَنَةً في الصوتِ ذِي الطَّوْلِ المَوْجِيّ القَصِيرِ. وَمِتابَعَدٌ بَعْضُها عَن بَعْضٍ في الطَّوْلِ المَوْجِيّ الأطوْل.



## لِمَزيدٍ مِنَ المَعلُوماتِ انظُرْ

- الصَّوتُ ص ١٧٨
- إِحداثِ الصوتِ وَشَماعُهُ ص ١٨٢
- جَهَارَةُ الصوتِ ص ١٨١
- الأصواتُ الموسيقيَّةُ ص ١٨٦
- حَقائِقُ وَمَعلُوماتُ ص ٤١٢



# جَهَارَةُ الصَّوت

تعتمدُ جَهَارَةُ الصَّوت على الشَّدَّة (كَمِّيَّة الطاقة) التي تَحْمِلُهَا الأمواجُ الصوتية. فالذبذباتُ الكبيرةُ وقبيرةُ كَمِّيَّة الطاقة، وتُنتِجُ أمواجًا صوتيةً شديدةً كبيرة السَّعة. الأصواتُ العاليةُ الجَهارةُ جدًّا، كَدَوِيٍّ أَخْتَرَقِي جِدَارَ الصوت أو رَمَجِرَةِ الأمواجِ الصدميةِ مِنَ الانفجارات، يُمكنُ أَنْ تَكُونَ مُؤَلِمَةً وقد تُسَبِّبُ ضَرَرًا بِالْعَا - فالأمواجُ الصوتيةُ تَرْتَفِعُ بِالمُنَشَّات فتَجْعَلُهَا تَتَذَبذبُ. وَتُسْتَخْدَمُ بِمِقياسٍ خاصٍّ، يُدعى سُلَّم ديسيل (بِاسْمِ ألكسندر غراهام بل) لِمِقياسِ جَهَارَةِ الصَّوت.

## سُلَّم ديسيل

فُرِّقَت السَّعَةُ المَوْجِيَّةُ بَيْنَ أَهْدَا الأصواتِ وَبَيْنَ الأصواتِ العاليةِ الجَهارةِ حَتَّى مُستوى الإلْذَاءِ كَبِيرٍ جَدًّا بِحَيْثُ يَتَعَذَّرُ تَمَثُّلُهُ عَدَدِيًّا. وَسُلَّمُ الدِّيسِيلِ مَقْلٌ عَلَى السُّلَّمِ اللُّوغَارِيْتَمِيِّ، حَيْثُ تَتَضَاعَفُ جَهَارَةُ الصوتِ ١٠ أضعافٍ فِي كُلِّ مَرَّةٍ يُضَافُ لَهَا ١٠ ديسيل (دب) إِلَى المُستوى الصوتي. فَإِذَا زِيدَ المُستوى الصوتي ٢٠ (دب) تَتَضَاعَفُ جَهَارَةُ الصَّوتِ  $10 \times 10 = 100$  مَرَّةً.



## المُخَطِّرُ الكَامِنُ

السُّجُومُ الصوتي (السَّيْرِيو) الشَّخْصِي ليس عَالِي القُدْرَةِ، لَكِنْ دَخُولُ كَامِلِ الصوتِ تَقْرِيبًا مُشَارَةً إِلَى الأذُنَيْنِ، قد يَجْعَلُ مُستوياتِ الصوتِ دَاخِلَ الأذُنِ عَالِيَةً جَدًّا. إِنَّ تَسْلُغَ المِجَسَّامَاتِ الشَّخْصِيَّةِ، بِجَهَارَةٍ زَانِدَةٍ، لِمَرَاتٍ طَوِيلَةٍ قد يُضَعِّفُ السَّمْعَ.



تَدْبِيرٌ خَاصٌّ يَمَثِّلُ الصَّوتَ



وَأَقِيَّةُ الأذُنَيْنِ

## مِياسُ الصَّوتِ

يَمَكِنُ مُرَاقَبَةُ المُستوياتِ الصوتيةِ دَاخِلَ المِصَانِعِ بِمِقياسِ المُستوى الصوتي لِلتَّأَكُّدِ مِنْ قَدَمِ خَطُورَتِهَا. إِنَّ المُستوى الصوتي يَجِبُ أَنْ يَزِيدَ عَلَى ١١٠ (دب) فِي أَيِّ وَقْتٍ مِنَ الأَوْقَاتِ، كَمَا يَجِبُ أَنْ يَتَجَاوَزَ ٩٠ (دب) لِيَوْمٍ عَمَلٍ كَامِلٍ.

## وَقَايَةُ الأذُنَيْنِ

الَّذِينَ يَعْمَلُونَ فِي أَجْوَاءٍ تَعِجُّ بِالأصواتِ العاليةِ عَلَيْهِمْ أَنْ يَحْمُوا أَدَانَهُمْ بِأَسْتِخْدَامِ وَاقِيَاتٍ كَانَتْ لِلْمُضِجِجِ. فَالْمُتَرَضُّ فتراتٍ طَوِيلَةٍ لِمُستوياتِ صوتيةٍ عَالِيَةٍ مِنْ تَرْدَدَاتٍ مُعَيَّنَةٍ يَعْرضُ الفَرْءَ لِلْمُضْمِ.

صوت جوقة  
الرُّوك يُعَادِلُ  
صوت شقوق  
١٠٠ مليون  
ورقة نباتية.

لا غرابة أن  
يُعاني موسيقيُّ الرُّوك مِنْ ضَعْفِ  
السَّمْعِ، فالأصواتُ فَوْقَ ١٢٠ (دب)  
قد تُسَبِّبُ أَلَمًا شَدِيدًا وَضَعْفًا.



فِي المُستوياتِ  
الصوتيةِ فَوْقَ ١٠٠ (دب)  
يَجِبُ أَنْ يَكُونَ الْعَمَلُ مُقْصُودًا  
بِفتراتٍ قَصِيرَةٍ فَقَطْ.



إِنْعِدَامُ  
الصَّوتِ

لُزُوءُ  
المَوْجَةِ

قَرَارُ المَوْجَةِ

## لِمَزِيدٍ مِنَ المَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- الاهتزازات ص ١٢٦
- الاتصالاتُ العَادِيَّةُ ص ١٦٢
- الصَّوتُ ص ١٧٨
- الأصواتُ المَوْجِيَّةُ ص ١٨٦

## إِخْمَادُ الضَّجِيجِ

قد يَتَضَاعَفُ صَوْنَانِ مَعًا لِيُنتِجَا مُكوِّنًا! وَمِنْ غَيْرِ المُحْتَمَلِ أَنْ يَتَحَدَّثَ ذَلِكَ صِدْقَةً. لَكِنْ بِمِياسِ المَوْجَةِ الصوتيةِ يُمكنُ لِلْحَاسُوبِ إِنتَاجَ مِثَالٍ مِثَالٍ لَهَا، بِحَيْثُ تُقَابِلُ الذَّرَى فِي المَوْجَةِ الأَصْلِيَّةِ قَرَارَاتِ المَوْجَةِ الصوتيةِ الجَدِيدَةِ نَمَاقًا. وَيَتَرَاكَّبُ الصَّوتَانِ يُلْغِيَانِ وَاحِدَهُمَا الأُخَرَ، وَيَعْرِفُ هَذَا الأسلوبُ بِإِخْمَادِ الضَّجِيجِ. فِي المُسْتَشْفَا، تُجَهَّزُ بَعْضُ آلَاتِ مَسَحِ الجِسْمِ بِأَنْظِمَةٍ مُخَمَّدةٍ لِلضَّجِيجِ تَجْعَلُهَا هَادئةً لَا تَزْجَعُ المَرِيضَ. وَفِي المُسْتَقْبَلِ قد يَتِمُّ تَجْهِيْزُ الزَّيَّادَاتِ وَمَكَنَاتِ الْعَسِيلِ بِأَنْظِمَةٍ تَخْمِيدِ مُنَاقِلَةٍ تَجْعَلُهَا صَامِتَةً تَمَاقًا.



## إحداث الصَّوت وسَماعُه

إذا كنتَ فقدتَ صوتَكَ مرَّةً نتيجة زُكامٍ أو بُحَّةٍ شديدة، فلعلَّكَ خَبِرتَ صُعبَةَ إفهام النَّاسِ مُرادَكَ بدونَه؛ فالكلامُ هو وسيلةُ تواصلنا الرئيسيَّة معهُم. عندما نتكلَّم نُحدثُ ذبذباتٍ تتنقَّلُ في الهواءِ كأَموَجٍ صوتيَّةٍ تتحوَّلُ في الأذنين إلى أصواتٍ مُتميِّزة. ورُغمَ أنَّ الأذنَ البشريَّةَ حسَّاسةٌ للأصواتِ التي يَراوحُ تردُّدُ ذبذباتها بين ٢٠ و ٢٠ ألف هِرْتز، فإنَّها أَشدُّ حسَّاسيَّةً للأصواتِ التي يُقاربُ تردُّدها الألفَ هِرْتز - وهو مَدَى تردُّدِ الصوتِ في المُحادثةِ العاديَّة، مع أنَّ أصواتنا قد تُضمِّنُ ذبذباتٍ تنخفضُ طبقيَّتها إلى ٥٠ هِرْتز أو تعلو إلى ١٠ آلاف هِرْتز. وكما نستخدمُ نحنُ أصواتنا لِمُحادثةِ النَّاسِ الأَخرين، كذلك تُستخدمُ الحيواناتُ أصواتها لِلتواصلِ فيما بينها، أو حتَّى فيما بينها ويُنينا.



### إحداث الصَّوت

تتبعثُ أصواتنا عندما ندفعُ الهواءَ بقوَّةٍ من الرِّتين عبرَ الأوتارِ الصوتيَّةِ في الحَلْقام، فتَهتَزُّ هذهُ بالهواءِ المُندفع. ونحنُ عندما نتكلَّمُ أو نُغني، نُعدِّلُ نُوتَ الأوتارِ الصوتيَّةِ بِاستمرار، كما يُغيِّرُ شكلَ الفمِ وسُرعةَ الهواءِ المُتطلق. فبهذهِ الطَّريقةِ نتحكَّمُ في طبقةٍ ونوعهٍ وجَهارةِ أصواتنا.

إذا أتى الصَّوتُ من الجِهةِ المُثبَّتِي، تصلُّ الأمواجُ الصوتيَّةُ إلى الأذنِ المُثبَّتِي بِفارِقِ جُزءٍ من الثَّانيةِ قبلَ وُصولها إلى الأذنِ المُثبَّتِي. وبذلك يُمكننا تَعييُنُ الجِهةِ التي أتى منها الصَّوتُ.



### الرَّنين

مُعظَّمُ الأجسامِ قابِلٌ لِلذبذبةِ، والتردُّدِ الطَّبيعيِّ الذي يتذبذبُ به الجِسمُ يُسمَّى تردُّدُه الرِّثان. فإذا أُحْدِث، بالقربِ من هذا الجِسمِ، صوتٌ ذو تردُّدٍ مُماثلٍ تمامًا لتردُّدِه الرِّثان يلتقطُ الجِسمُ طاقَةً من الأمواجِ الصوتيَّةِ المُتبعثةِ ويتذبذبُ بِالتأثيرِ. ويُعرفُ هذا بالرَّنين. ولعلَّكَ كثيرًا ما سِعتَ رنينًا كهذا والموسيقى تُعرَفُ عاليًا في عُرقَتِكَ - إذ تُسبِّبُ نغمةً مُعيَّنة رنينَ مَاطورةٍ في البابِ أو النافذةِ أو رنينَ جِسمٍ على مَقَرَّةٍ من المُجَهَّار. ولو يَغني مُغَنٍّ بِتردُّدٍ مُساوٍ لتردُّدِ الطَّبيعيِّ لِكاسِي رُجَاجيَّةٍ، فقد يَكونُ رنينُها من الشَّدَّةِ بحيثُ يُحطِّمُها.

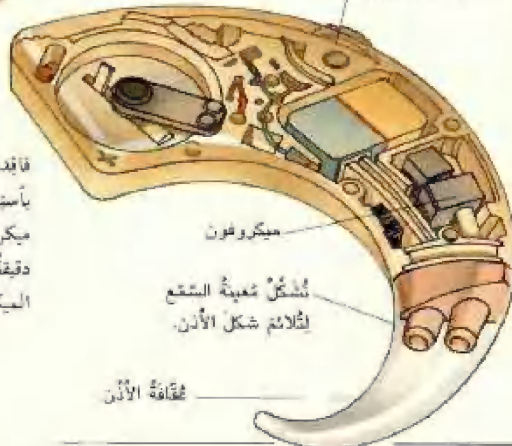
### سَماعُ الصَّوت

الأمواجُ الصوتيَّةُ المُتجمِّعةُ في الأذنِ الخارجِيَّةِ تُسبِّبُ ذبذبةً مُماثلةً في طبلةِ الأذن. وتتَنقَّلُ هذهُ الذبذباتُ بِواسطةِ ثلاثِ عَظَيماتٍ دَقيقَةٍ في الأذنِ المُتوسِّطةِ إلى السَّائلِ اللَّفَفيِّ في قَوقعةِ الأذنِ الداخليَّةِ، فيستثيرُ بِذبذبيتهِ شُعيراتُ الأعصابِ الدَّقيقةِ. وهذهُ الأعصابُ تُرِسلُ إشاراتٍ كهربائيَّةً إلى المُخِّ الذي يُمكننا من تَمييزِ الصَّوتِ.



يُمكنُ تَعدِيلُ قَعيبةِ السَّمْعِ لِتُضخِّمُ تردُّداتٍ صوتيَّةً مُعيَّنة.

يضخِّفُ الجَهارةُ



### الضَّمَم

فاقِدو السَّمْعِ جُزئيًا يُمكنُ مُساعدَتُهُم بِاستخدامِ مُعيَّنةِ ضَمَمٍ. وهي تَألَّفُ من ميكروفونٍ ومُضخِّمٍ ومُجَهَّارٍ - كُلُّها دَقيقَةٌ ضَغِيَّةٌ. فالأصواتُ التي تصلُّ إلى الميكروفونِ تُضخِّمُ وتُغَدَّى إلى أَذنيِّ السَّماعِ، فُضَمَم.

### ذبذبةُ الهواءِ في القَوَازيرِ

يُمكنُكَ مُشاهدةَ وسَماعِ اختلافِ ذبذبةِ الكَثِباتِ المُتباينةِ من الهواءِ، وإصدارها أصواتًا مُختلفةً، بِالنَّفخِ عبرَ قَومَاطٍ بضعِ قَوَازيرِ تحوي ماءً إلى أرتفاعاتٍ مُختلفة. إنَّ نَفْثَكَ يجعلُ أعمدةَ الهواءِ في القَوَازيرِ تَهتَزُّ بِتردُّدِها الرِّثاني، وتَعمدُ طبقةُ الصوتِ النَّاتِجِ على طولِ عمودِ الهواءِ المُتذبذبِ. لِاحِظْ أنَّه كُلَّما قُضِرَ عمودُ الهواءِ المُتذبذبِ تَصارَعُ ذبذبةُ وتعلو طبقةُ الصوتِ الصَّادِرِ منه.





## أصوات الحيوانات

الحيوانات المختلفة تُصدر مدى واسعاً من الأصوات؛ فبعض الضفادع، رغم صغر حجمها نسبياً، تستطيع أبتعات ثقيلاً خفيض الطيفه جداً ينفخ كيس هوائي تحت الحلقوم حتى يفارب حجمه حجمها. وتُطلق القردة الغوازة زعيقاً بعدد من أكثر الأصوات جهرارة في عالم الحيوان - إذ إنها تجعل قجواب خاصة بين العظام تحلّف المنحويين تُعزّز زعيقها بالزئير في غضابات هوائية قويّة. أما الحشرات فقدمت الصوت إذ لا وراث لها تنفّخ لإحداث صوت؛ لكن بعض الجناب تصدر ضجيراً حاداً يحدّ أحياتها.

يُمكن سماع زغقات القرد الغوازة عن مسافة ١٦ كيلومتراً.



يتراوح تردّد ضجير الضفادع بين ٧٠٠٠ و ١٠٠,٠٠٠ هرتز

يتراوح تردّد زعيق القردة بين ٥٠٠ و ٦٠٠ هرتز

يتراوح تردّد أصوات البشر بين ٢٠ و ١٦,٠٠٠ هرتز

يُستخدَم رَقُّ المِجْهَارِ المخروطي من الوُزْق أو الدُفان.

يتحرّك الملفّ السلكي مُتساوفاً مع الإشارات الكهربائيّة.

### المِجْهَار

يُستخدَم الصوت ويُستعاد بتحويله إلى إشارات كهربائيّة. فكلّ الاستماع إلى أسطوانة أو شريط مُسجَل أو إلى أسطوانة قرصيّة مُذخّجة، لا بُدّ من إعادة تحويل الإشارات الكهربائيّة إلى أصوات بواسطة مِجْهَار. في المِجْهَار يُغذّي الملفّ السلكي، المُحاط بِسُحَابٍ مَغْنَطِيسِيّ، بالإشارات الكهربائيّة، فتُنتج هذه، بتغيّرها، ذبذبة رَقِّ المِجْهَارِ المخروطي فيؤلّد صوتاً.

مِجْهَار ذو وُلف مُتحرّك

تستطيع الخفافيش إحداث وسماع تردّدات فوق سمعيّة، فالشّريز العالي الذي تُصدره يرثّد عن الأشياء، فتُساعدُها في تحديد مواقع طرائدها (كالحشرات الطائرة مثلاً).

تستطيع الكلاب سماع الضجيج العالي التردّد من ضجارات خاصّة لا يسمعها الإنسان.



تستطيع الخفافيش التردّدات بين ١٠٠٠ و ١٢٠,٠٠٠ هرتز تستطيع الهردة التردّدات بين ٦٠ و ٦٥,٠٠٠ هرتز

تستطيع الكلاب التردّدات بين ١٥ و ٥٠,٠٠٠ هرتز

يستطيع الأولاد التردّدات بين ٢٠ و ٢٠,٠٠٠ هرتز

### مدى السَّمْع في الحيوانات

تُعظَم الحيوانات يُمكِنها سماع تردّدات أكثر ممّا تُصدّره، ومُعظَمها يُصدّر أصواتاً تتجاوز كثيراً المدى الذي يُمكِن للإنسان سماعه. يتغيّر مدى تردّدات السَّمْع عند الإنسان مع تقدّمه في السن، فالوُلُد يستطيع سماع التردّدات من ٢٠ إلى ٢٠,٠٠٠ هرتز، فيما لا يستطيع شخص في سنّ الثّنين سماع تردّدات تتجاوز ١٢,٠٠٠ هرتز.

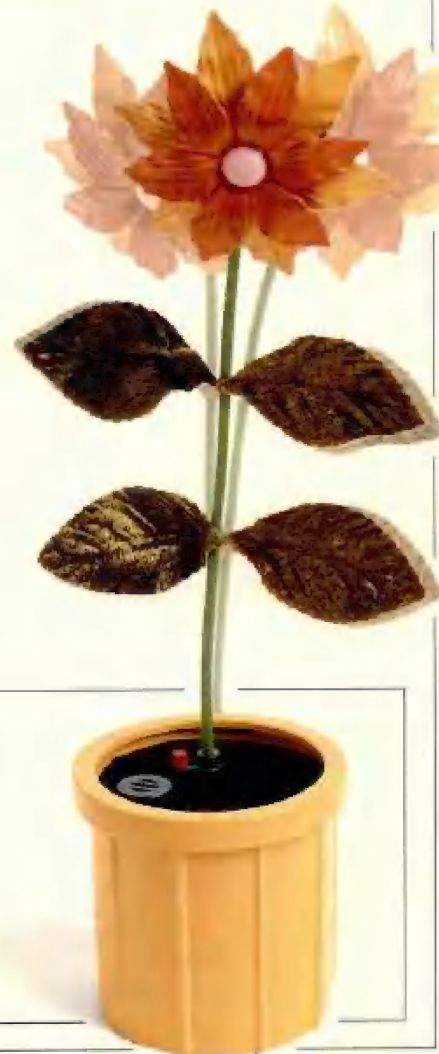


### الميكروفون

تُحوّل الأصوات إلى إشارات كهربائيّة يُمكِن تسجيلها، والميكروفون ذو الملفّ المُتحرّك يُستخدَم نظاماً مُمايلاً للمِجْهَارِ ذي الملفّ المُتحرّك، لكن بترتيب مُعكوس، فهو يُحوي ملفّاً سلكيّاً مُتّيناً إلى قرص مُرن يذبذّب مع الرّقّ بواسطة الأمواج الصوتيّة. ويؤلّد تحرك الملفّ داخل المجال المغنطيسيّ تياراً كهربائيّاً يتراوح تَكرارُ أمواج الصوت.

### التحريك بالصَّوت

اللُّعْبُ البسيط المُتحرّك بالصوت، كهذه الثّبّة اللّعبة، تحوي ميكروفوناً يُحدّث فيها تحركاً عندما يتلقّى أصواتاً فوق مُستوى تردّد مُعيّن. ويستطيع جهاز مُثَلّ بالصوت أكثر تطوّراً وتغيّفاً إعطاء المعلومات عن حساب مُصرّفيّ لأحد الزبائن عندما يُطلَب منه ذلك هاتفيّاً، إنّه تُعرّف الكلمات الصادرة من أشخاص مُختلفين أمرٌ صعب جداً، لكنّ الحواسيب التي تستجيب لأنماط صوتيّة فرديّة هي حالياً قيد التطوير للاستعمال اليوميّ.



### لمزيد من المعلومات انظر

- الإختراعات ص ١٢٦
- الكهرومغناطيسيّة ص ١٥٦
- مُفَوِّمات الإلكترونيّة ص ١٦٨
- قياس الضَّوْت ص ١٨٠
- إنعكاس الضَّوْت وامتصاصه ص ١٨٤
- الخُوص ص ٣٥٨



# انْعِكَاسُ الصَّوْتِ وَاِمْتِصَاصُهُ

هل تساءلت مرّة لم يبدو صوتك رخيماً رناناً حين تُغني في غرفة الحمام؟ ذلك لأنّ الأمواج الصوتيّة تنعكس على سطوح الجدران المليسة الصلبة فتتدّ عنها تكراراً كارتداد الكرة المطاطيّة في ملعب السكواش الرباعيّ الجدران. إنّ اتّجاه الأمواج الصوتيّة يتغيّر عند كلّ انعكاس، لكنّ طبقة الصوت لا تتغيّر. وانعكاسات الصوت أصداً تُفيد في مجالات عديدة إضافة إلى كونها عُصْرُ تسلية. فقبل أيام الرادار، كان البحارة، عندما يحاصرون الضباب، يُطلقون نفيراً خاصاً اسمه نفير الضباب فيحدّدون بعدهم عن الصخور الخطرة بقياس الفارق الزمنيّ بين صوت النفير وسماع انعكاسه. غير أنّ الأصوات لا تنعكس دائماً، فهي إنّ وقعت على سطح رخو طريّ، تُمتصّ فلا ترتدّ.

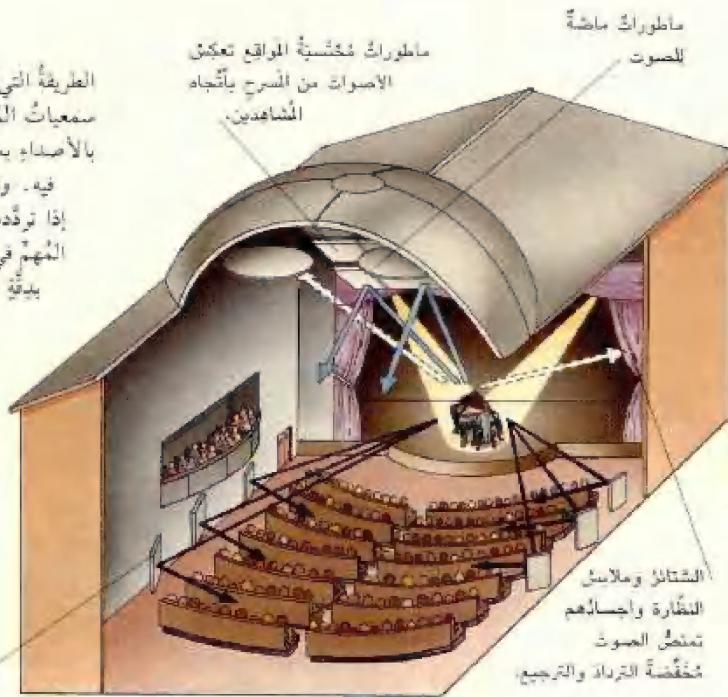


الأصدا

إذا وقفت على بُعد مُعيّن من جدار وصحّت أو ضفقت فترتدّ إليك انعكاس الصوت صدًى بعد فترة وجيزة بعد طولها على مدى بُعْدك عن الجدار. فإذا كانت المسافة ٥٠ متراً، فالصوت سيقطع مسافة ١٠٠ متر ليعود صداه إليك. فإذا قُسمت ١٠٠ متر على الفاصل الزمنيّ بين إحداث الصوت وسماع ضداه، نحصل على سرعة انتقال الصوت.

## السَّمْعِيَّات

الطريقة التي تُرجّع فيها الأصدا في مبنى تُسمّى سمعيّات المبنى. فالمبنى الكبير قد يبدو عاجاً بالأصداً بخاصة إذا كثرت السطوح العارية فيه. وتحدث ترجيعات الصدى في مبنى إذا ترددت الأصدا عدّة نواحي فيه. ومن المهم في قاعة موسيقيّة التحكّم في الأصدا بديقّة - لينتصها تبدو الأنغام الموسيقيّة خريّة باهتة، وبقرطها تتلخّط الأصوات وتُشوش. لذا تُركّز ماطورات خاصّة لتوجيه انعكاسات الصوت نحو جمهور المستمعين، كما تُركّب أخرى، إضافة إلى الستائر، لامتصاص الترجيعات الزائدة.



غرفة لا صدويّة

الماطورات الماصة للصوت في سقف وجدران المبنى الهوائي اللاصديّ تُخفّض ترداد الصوت وترجيّاته. وهذا يتفق العلماء من قياس الضجيج الذي تولّده مروحة الطائرة المديرة بديقّة.

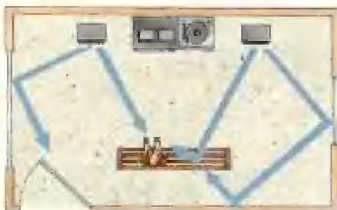
## انتصاص الصوت

السطوح الرخوة الطريّة تمتصّ طاقة الصوت كما يمتصّ الرمل طاقة كرة تضربه. في هذه الحجرة، السجادة والستائر والأريكة والسفّة، جميعها، تمتصّ الطاقة الصوتيّة فلا ترتدّ أصدا.



## انعكاس الصوت

نعكس السطوح الصلبة المليسة طاقة الصوت كما ترتدّ كرة عن جدار خرسانيّ. في هذه الحجرة يرنّد الصوت، الذي يتعّدّ البهجاران النجّمان، عن أرضيّة الغرفة وجدرانها كما عن المقعد الخشبيّ.



## الصّحون الصوتيّة (العاكسة)

تُستخدم صحون مكافئّة المقطع لتجميع الصوت وتركيزه، فالشكل الخاص للصحن الصوتيّ يعكس الصوت الاتي بمواجهته مباشرة ويركّزه نحو الميكروفون المثبت في وسطه. وهكذا يستقبل الميكروفون طاقة صوتيّة أكبر، فيمكن به مثلاً تسجيل الأصوات الخفيفة مستوى الشدّة كغريد بعض الطيور.





## الصوت والضوء

### التصوير بالصوت فوق السعوي

تسجل أصداء الطوت فوق السعوي كسلسلة من النقاط المتباعدة الضوئية. هذه الصورة لجين في رجم أمه شكلت حاسوبياً من مجموعة تقريبات.

صورة بالألوان فوق  
الشفعية تألفها  
التقريبات.



الاطراف

الجذوة  
الغشوة  
الغشوة

إشارات ضوئية



### تحديد المواقع بالصدى

تستخدم الدلائل ترددات فوق سمعية للتواصل فيما بينها ولتحديد مواقع أسراب السمك والعواقي تحت الماء. فهي تصدر طبقات صوتية عالية تردد أصدائها عن الأجسام التي تعترضها مما يمكن الدلائل من تحديد حجم وبعد تلك الأجسام في الماء حولها. وهذا النظام

عظيم الفائدة بخاصة في  
الكشف عن مقترسات  
ككلايب البحر (أي أسماك  
القرش) الخطرة.



تصدت الطبقات الصوتية  
من عضو خاص في  
رأس الدلفين.

### الصوت فوق السعوي

الأمواج الصوتية التي يتفوق ترددها ٢٠ ألف هرتز لا تسمعها الأذن البشرية؛ والصوت الناتج عنها أو عن ترددات أكثر منها هو صوت فوق السعوي. وتستخدم الأصوات فوق السعوية في الغالب لأن أمواجها، بخلاف الأشعة السينية، لا تتلف الأنسجة البشرية. يُرسل المراسل إلى داخل الجسم أمواجاً فوق سمعية تنعكس عن الأعضاء المختلفة، ويتلقى انعكاساتها فيعرضها صورة على شاشته.

يُشعّر غشوة الخظام من الوقت الذي  
يستغرقه صدى الأمواج الصوتية  
المنعكسة عنه ليُرَدُّ إلى الشفينة.

يُرسل السفنارة المُنْبَث تحت  
صالب الشفينة، إلى أعماق  
الماء، أمواجاً صوتية عالية  
التردد.



### اختبار لا إنلاني

الشفومات المهمة في الطائرات يجب أن تكون خالية من أي خلل كامن. فالشفوق الداخلية الدقيقة، في مقوم منها، قد تشع فيعطل أداءه أثناء الطيران. لذا تُختبر هذه الشفومات اختبارات لا إنلاني باستخدام الصوت فوق السعوي لاكتشاف أي خلل دون إلحاق الضرر بالمقوم ذاته. فالنضات فوق سمعية المنعكسة عن مثل هذه الشقوق، إن وجدت، تظهر في الصور فوق السعوية على الشاشة.



يعكس خظام الشفينة  
الصوت أصداء.

### السبر بالصدى

إن كارت المينيك عام ١٩١٢، حين  
أصطدمت السفينة بجبل جليدي في شرفها البحر، فاذ العالم  
الفرنسي، يول لالجن، مشاريع أبحاث لعلوم السفن. يستخدم  
جهاز السفنارة أمواجاً فوق سمعية لتحديد مواقع جبال الجليد  
وأسراب السمك وخظام السفن أو الغواصات، ولسبر أعماق البحار  
أيضاً. فيرسل نبضات صوتية في البحر، ويرصد الأصداء المرتدة عن  
أي شيء تحت الماء. ويقاس الفارق الزمني بين إرسال النبضة  
وإستقبال عودها، يمكن أحياس عمق الشيء أو بعده عن السفينة.

### صورة على الشاشة

هذه الصورة لخظام سفينة تحت الماء تكوّنت بتقريب  
(مصحح) اتجاه الأصداء الواردة وتدرجياً ارتسمت  
أنماط الأصداء صورة على شاشة الحاسوب.

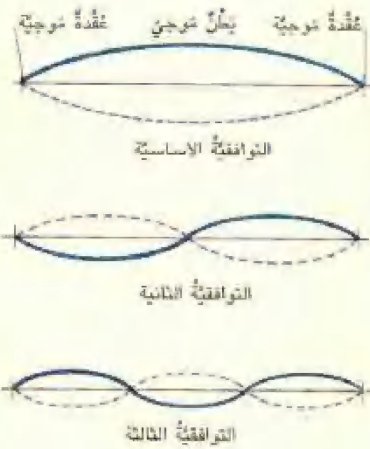
### لمزيد من المعلومات انظر

- الصوت والضوء ص ١٧٧
- قياس الطوت ص ١٨٠
- إحداث الطوت وتساخ ص ١٨٢
- الشفونات ص ٣٣٤



# الأصوات الموسيقية

الآلات الموسيقية جميعها تعمل بذبذبة الهواء؛ فالعازفة أو العازف يتحكم بتردد الذبذبات وسعتها ليعرف الألحان والإيقاعات. أما جرس (أي نوعية صوت) الآلة المميز فيعتمد على كيفية ذبذبة الهواء. ينفخ العازف آلة النفخ الموسيقية إما من خلال فتحة أو عبر لسان ريشي؛ فالهواء داخل الناي (وهي لا تحوي لساناً) يتذبذب ببساطة مُصدراً صوتاً رخيماً نقيّاً. أما في مزمار القرب فالهواء المنفوخ عبر السِّنة أنابيبه يتذبذب بسقي مُعقّد مُصدراً صوتاً غنياً أجشّ. وتُعرف جميع الآلات الصوتية (اللاكهربائية)، وترية أو نفخية أو نقرية بالإنباض أو بجرّ القوس والتفخ والنقر.



## التوافقيات الوترية

التوافقيات هي الترددات المختلفة التي يمكن للشئ أن يتذبذب بها. فالوتر المشدود بين دعامين يستطيع التذبذب بحيث يتلائم عدد متباين من الأطوال الموجية على امتداده. فالموجة ذات الطول الموجي الأكثر هي الأساسية؛ والذبذبات الأخرى هي ذات أطوال موجية أقل وترددات أعلى. وتُعرف هذه السلسلة المتوالية من الترددات بالتوافقيات. ونسبة التوافقيات المختلفة هي التي تُكسب الآلة الموسيقية صوتها المميز.

الأنابيب القصيرة تُصدر نغمات عالية الطبقة.

## الأنابيب الجوّارية

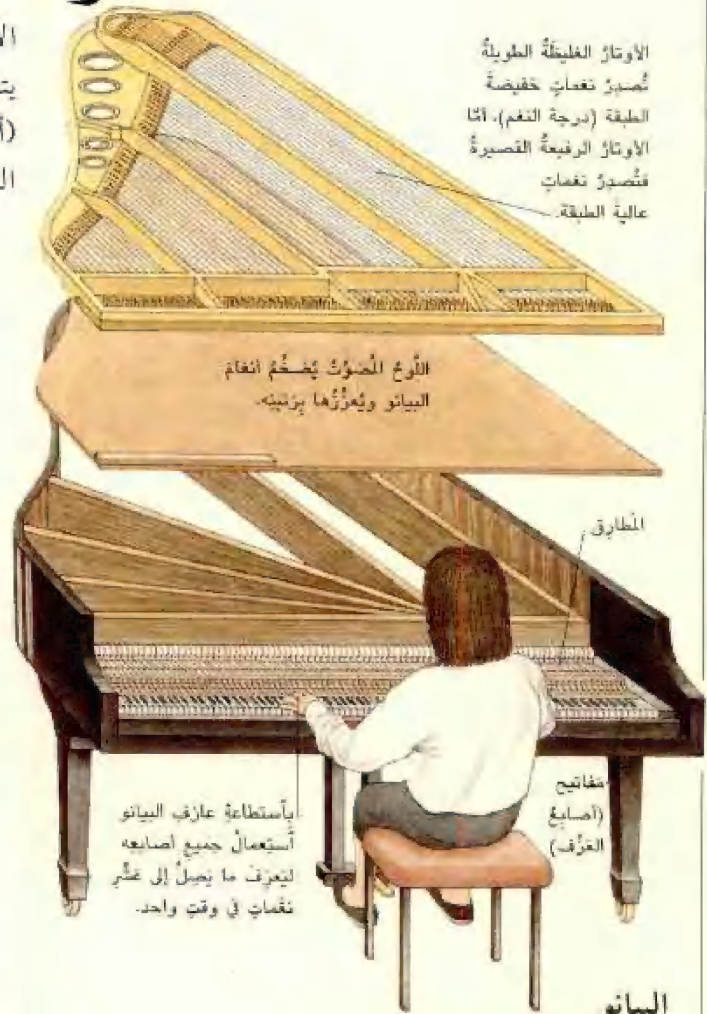
يتذبذب عمود الهواء داخل الأنبوب مُتخلّلاً وتضاعفاً؛ وتُعلم حركة الهواء عند وسط العمود حيث العقدة الموجية. وتكون ذبذبة الهواء على أقصاها عند طرفي العمود حيث نلقا الموجة.



تُطابق موجتان عند طرفي الأنبوب المفتوح حيث حركة الهواء القصوى.

الهواء لا يتحرك عند عقدة موجية

الأنابيب الطويلة تُصدر نغمات خفيفة الطبقة.



## البيانو

تُدق أوتار البيانو المعدنة بمطارق تُساعدها المفاتيح (أصابع العزف المتحركة). ويستطيع العازف (أو العازفة) ضغط عدة مفاتيح معاً ليعرف توليفات نغمية. بعض التوليفات عذب سماعاً وتُضفي قد يكون نشازاً. ويسر العزف الناجح هو في مزج الأنغام في توليفات موسيقية متوافقة (هارمونية).

## البوق

يتذبذب عازف البوق شفّته لإحداث الرنين في الهواء داخل البوق. ويستطيع عازف البوق إصدار نغمات مختلفة بتغيير توتر شفّته وفتح وغلق صمامات تُغيّر طول الأنبوب (وعمود الهواء فيه). أعمد الهواء الطويلة أبطأ ذبذبة من الأعصدة القصيرة وتُصدر نغمات أخفض تلقاً. وتشديد التفخ ترفع جهازة الصوت.



## السيتار

كل وتر في الآلة الوترية يتذبذب بترده الطبيعي الخاص. ويمكن زيادة تردد الوتر إما بتقصير طوله أو بزيادة توتره أو باستخدام وتر آخر. وفي العديد من الآلات الوترية تتخلل ذبذبات الأوتار إلى جسم الآلة الأخرى - الذي يُعزّز برنينه الأنغام ويُضخمها.



## الجَوْقة الموسيقية (الأوركسترا)

إنَّ توليف الأنغام المختلفة الطبقة من آلات وترية وآلات نفخ ونقر في الأوركسترا يُنتج تنوعاً ضخماً من التوافقيات والجرس المتميز. وهو توليف مُخطَّط ومُدروس بعناية - فكلُّ مجموعة (أو وحدة) من الآلات لها دورها الخاص في أداء القطعة الموسيقية. والجَوْقة الموسيقية قد تُعرَف بنعومة وروقة بالكاد تُسمع، لكن عندما يُشارك أفراد الفرقة جميعهم في العزف عاليًا، فإنَّ مستوى الصوت قد يبلغ ١٠٠ ديسيبل.



وحدة آلات النقر تُعرَف أحياناً بـ «آلات في أداء واحد»

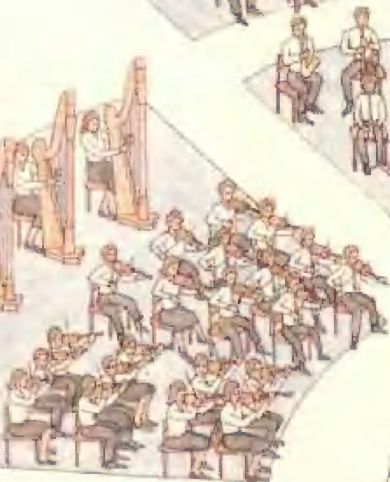
وحدة الآلات النحاسية تضمُّ الأبواق على أنواعها (من أبواق وترتونات وتيوبات)



الآلات الوترية الكبيرة، كالشيللو والكمان المُزدوج (الشيل باز)، تُصدّر أخفض الأصوات طبقة.



قائد الأوركسترا يُضبط الإيقاع بقصاصة ويتوجّه بالإشارات إلى العازفين المُختصين شخصيًا.



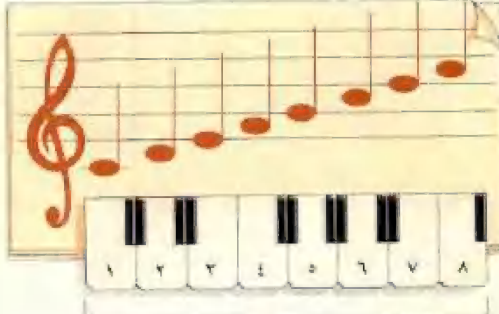
تُضخُّ أوتارُ القيثارة للغزف.

أوتارُ الكمان والقيثارات تُصدّر الأصوات بجوٍّ القوس عليها أو بإبناضها.

وحدة آلات النفخ الخشبية تضمُّ الصُرنايات (الكلارينيتات) المُرتبة ريشة اللسان والمزامير والباسونات (المزامير) المُرتبة ريشة اللسان والتايات العديدة للسان.

## السُّلَمُ الموسيقي

السُّلَمُ الموسيقي مُتواليّة أنغام تُتَرايد تردُّداتها تدريجيًّا بنسبٍ طبيعيٍّ عذّب. النعْمة الأخيرة في أعلى السُّلَم ذات تردُّد يُعادلُ تمامًا ضعف تردُّد النعْمة الأولى في أسفلها. النعْمتان اللتان تردُّد إحداهما ضعف تردُّد الأخرى نقولُ إنه يُفصلُ بينهما جَوَابٌ (ثمانية نغم).



جَوَابٌ (ثمانية نغم)

٢٦٢ ٢٩٤ ٣٣٠ ٣٤٩ ٣٨٢ ٤٤٠ ٤٩٤ ٥٢٤

كلُّ نغْمة في سُلَمٍ موسيقي هي تردُّد صوتي مُعيّن.

الجلْدُ المُشدود يُصدّر صوتًا عالي الطبقة؛ بينما يُصدّر الجلْدُ الرّاحي صوتًا خفيض الطبقة.

## قَرَعُ الطبول

اللَّحْنُ والإيقاع المُتَظلمان من آلات النقر، كالطبول، يُضفيان على الموسيقى براجا شاملاً. يهتَرُ جلْدُ الطبل بالقرع، وبحسب ضَبْطِ القرع بالشدة اللازمة تمامًا لجعل الآلة تُنتجُ بالشكل الصحيح. الجلْدُ المُشدود أكثرُ يُصدّرُ طبقة صوتية أعلى، كما الوترُ الأشدُّ نوثرًا يُصدّرُ نغْمة أعلى.



### لمزيد من المعلومات انظر

- الاهتزازات ص ١٢٦
- قياسُ الصوت ص ١٨٠
- جهازُ الصوت ص ١٨١
- إحداث الصوت وسامعه ص ١٨٢
- انعكاس الصوت وامتناعه ص ١٨٤
- حقائق ومعلومات ص ٤١٢



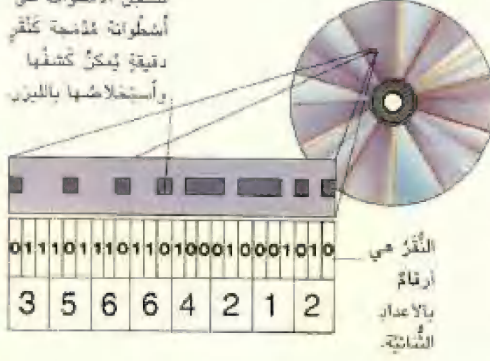
## فيثاغورس

كان الفيلسوف والرياضي الإغريقي، فيثاغورس (٥٨٢ - ٥٠٠ ق.م.) يعتقد بإمكانية التعبير عن الجمال والأنغام عُدديًا. وقد عزَلت العلاقة الرياضية بين طبقة الصوت وطول الوتر أو الأنبوب، أو حجم الجرس الذي يُصدِّرها. ووجد أنَّ تقصير الوتر إلى نصفه يُضاعف تردُّد ذبذبه الأساسية ويزيد طبقة النغم جوابًا (ثمانية نغم).



# تَسْجِيلُ الصَّوت

تُسَجَّلُ الأصوات على  
أسطوانات مُدْمَجَةٍ كُنْفَرٍ  
دَقِيقَةٍ يُمكنُ كَشْفُهَا  
وَأَسْتَخْلَاصُهَا بِاللَّيْزَرِ



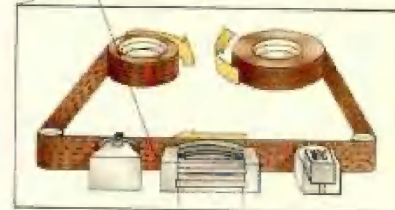
النَّقْطُ  
أرقام  
بالأعداد  
الشَّابَّةِ

كما الكلمات المكتوبة على الورق تُقرأ مرارًا وتكرارًا، كذلك الأصوات يمكن تسجيلها واستعادتها مرة بعد أخرى. التسجيلات الصوتية كلها تُخزن الأصوات باستنساخ تموجاتها. هنالك نوعان من التسجيل الصوتي: النظري والرقمي. في التسجيلات النظرية تُخزن أنماط الأمواج الصوتية كخط متموج يُحرز على أسطوانة، أو كأنماط مغناطيسية على شريط. أما التسجيلات الرقمية فتحوّل فيها أنماط الأمواج الصوتية إلى أرقام تُوضع مواقع كافة النقاط على الموجة الصوتية قبل تسجيلها. وتُخزن هذه الأرقام كنقطة دقيقة على أسطوانة مدمجة أو كأنماط مغناطيسية على شريط سمعي رقمي، ثم يُعاد تحويلها إلى صوت بمعالج صُغري رُقائي.

## التَّسْجِيلُ الرَّقْمِيُّ

يُسَجَّلُ الصَّوتُ نَقْرًا دَقِيقَةً تُكَبَّرُ على سطح أسطوانة مدمجة مُستوية. هذه النقطة هي أرقام بالأعداد الشَّابَّةِ، كل منها يُمَثِّلُ لَمْعًا لَمْعًا لَمْعًا في لحظة مُعَيَّنَةٍ. عند تدوير الأسطوانة، تُسَجَّلُ خُرْمَةٌ المَعْرِفَةِ مُطْلَقَةً، وإذا تُسَفِّطُ الخُرْمَةُ على جزء مُسَطَّح منها تُعَكِّسُ الخُرْمَةُ لَحْرًا يُكَبِّرُ صَوْتَهُ. يُحوَّلُ الصَّوتُ إلى نِصَابٍ كَهْرَبَائِيٍّ؛ لكن إذا وَقَعَت الخُرْمَةُ على نُقْرةٍ، فإنها تُعَكِّسُ بَعْدًا.

يُغْدَى رَأْسُ التَّسْجِيلِ بالإشارات الكهربائية من الميكروفون، فيُرَبِّطُ حَبْلُ المَغْنِطِيّ الخَشِيمَاتِ في شَبْطٍ شَغِيرٍ.



يُمكنُ تَسْجِيلُ الأمواج الصوتية كسلسلة رقمية؛ كل رقم يُعَدُّ لَمْعًا لَمْعًا لَمْعًا في لحظة مُعَيَّنَةٍ.

## التَّسْجِيلُ الشَّرِيطِيُّ

شَرِيطُ التَّسْجِيلِ داخل الحافظة (الكاسيت) مُغَطَّى بِطَبَقَةِ أُكْسِيدِيَّةٍ تحوي قَبْذَاتٍ مَغْنِطِيَّةَةٍ. ففي شَرِيطٍ مُغَطَّى شَجَةِ الشَّيْبَاتِ المَغْنِطِيَّةِ عَشْرًا، لِكُنْهَا بَعْدَ تَسْجِيلِ الصَّوتِ تُشْجَدُ نَقَطًا يَسَاوِي مع الصوت المُسَجَّلِ.

## ستوديو التَّسْجِيلِ

تُجَرَى التَّسْجِيلَاتُ بِسُرْعٍ (وَتُولِفَا) الأصوات من الآلات المُخْتَلِفَةِ والمُغَنِّينَ، وليس من الضروري تسجيل كل شيء دفعة واحدة - إذ يستطيع مُهَنْدِسُ الصَّوتِ إضافة الأصوات واحدًا فوق الآخر. فهو يُوجِّه عملية المزج بحركتِ مُقَالِيدِ اتِّبَالِيَّةٍ على تَقْدِيرِ التَّوْلِيفِ.



## الْأَسْطُوْنَات

تَهْتَرُ إِبْرَةٌ مَعْرِفَةُ الْأَسْطُوْنَاتِ (الفونوغراف) أثناء سَيرِهَا في خَرْزِ الْأَسْطُوْنَةِ تَبَعًا لِنَمَطِ الأمواج الصوتية المُسَجَّلَةِ عليها. وهذه الاهتزازات تُسَبِّغُ إشارات كهربائية في رأس اللاقط. في الأسطوانات المُخَشِمَةِ تَبَيَّنُ الْأَنْبَاطُ قَلِيلًا على جانبي الخَرْزِ فَتُخْرَجُ الأصوات المُخْتَلِفَةُ من المِجْهَازَيْنِ الْأَمْنِ والأَيْسَرِ (مُجَسِّمَةً).



تَشْهَرُ إِبْرَةٌ  
الْمَعْرِفَةُ فِي الْخَرْزِ  
الْخَرْزُ مُوَلَّدُ ٤٠٠  
مِثْرٍ وَكَثْرًا

## تُوماس إِدِيْسُون

أَوَّلُ تَسْجِيلٍ صَوْتِيٍّ كَانَ عام ١٨٧٧، أَجْرَاهُ تُوماسُ إِدِيْسُونُ (١٨٤٧-١٩٣١) لِكَلِمَاتِ إِحْدَى أَنْشِيدِ الْأَطْفَالِ سَجَّلَهَا بِصَوْتِهِ عَنِ فُونُوغْرَافِهِ. وَقَدْ أَجْرَى هَذَا التَّسْجِيلُ بِخَدَشِ خَرْزٍ فِي أُسْطُوْنَةٍ شَمْعِيَّةٍ. وَلَمْ يَكُنْ فُونُوغْرَافُ إِدِيْسُونِ يَعْمَلُ كَهْرَبَائِيًّا، بَلْ اعْتَمَدَ فَقَطْ على الْاهْتِزَازَاتِ المِيكَانِيكِيَّةِ لِلْإِبْرَةِ فِي تَسْجِيلِ الأصواتِ وَأَسْتِعَادَتِهَا.



## لِمَزيد من المعلومات انظر

- أَنْشَاءُ الْفِيْذَاتِ ص ٣٩
- الْمَغْنِطِيَّةُ ص ١٥٤
- الْكَهْرَبِغْنِطِيَّةُ ص ١٥٦
- الْأَصْوَاتُ الْإِلِكْتْرُونِيَّةُ ص ١٨٩



# الأصوات الإلكترونية

جميع الأصوات المعروفة، بما فيها الصوت البشري، يمكن إحداثها إلكترونياً بتقنيات الأصوات الرقمية. وتستطيع الآلات الإلكترونية أيضاً تخليق أصوات جديدة بالكامل. فالآلات الصوتية يمكن أن يستبدل بها أصوات مخلقة أو عينات صوتية تُعزف إقبالاً أو إدياراً أو ببطء مختلفة أو يمكن معالجتها حاسوبياً بأساليب متنوعة. كما يمكن أيضاً إضافة الأصدااء والترجيعات إلى الأصوات إلكترونياً. والواقع إنه من الممكن لشخص يعمل بمفرده على لوحة مفاتيح وحاسوب، في غرفة صغيرة، أن يخلق أصوات أوركسترا بكاملها.



## المؤثرات الخاصة

يتم تأليف الموسيقى الإلكترونية والتأثيرات المرافقة، للإذاعة والتلفزة، في مشغل راديو فون. في بدايات البث الإذاعي، كانت أصوات الرعد مثلاً، تنتج بهزة صفائح معدنية كبيرة؛ وأصوات وقع حوافر الخيل بالتقرع على قشور جوز الهند. أما اليوم، فيمكن تخليق هذه الأصوات إلكترونياً.

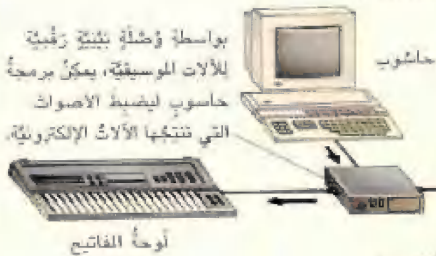


## الأصوات المولدة

المولدة آلة موسيقية تخلق الأصوات إلكترونياً. المولدة التي صممها المهندس الأمريكي روبرت مون في الخمسينيات، كانت تعرف لكمة واحدة في كل مرة، أما المولدات الرقمية الحديثة فيمكنها إنتاج ترتيبات معقدة جداً من الأصوات. فالبروفيسور ستيفن فورتش، الذي لا يستطيع التكلم، يتواصل مع الناس مستخدماً حاسوباً يخلق الكلمات.



تدخل الكلمات إلى الحاسوب عبر لوحة المفاتيح - فينتق بها بصوت مؤلف.



## البنية الرقمية للآلات

### الموسيقى (منظومة ميدي)

هذه المنظومة الرقمية بين الآلات الموسيقية تمكن الحاسوب من استدارة الآلات المختلفة، كلوحات المفاتيح ومكبرات الطول، إلى العمل كشبورة الأصوات معاً أو على التوالي. ولهذا يعني أن المولدة الموسيقية، باستخدام هذه المنظومة، تستطيع وضع موسيقى الأفلام السينمائية والتلفزيونية والأغاني الشعبية - دون حاجة إلى الاستعانة بخوذة موسيقية أو أوركسترا.



يُلتقط الصوت بـ ميكروفون.

يُسجل مُنتقى النماذج الأصوات الطبيعية ونحزونها رقمياً. وعند الاستعادة، يمكن تبديل الأرقام لتغير ترددات الصوت الأصلي وبالتالي طبقة. وهكذا يستطيع مُنتقى النماذج تركيب سُلم موسيقي حتى من صوت كلب يتبع.

يُستعاد الصوت بواسطة لوحة المفاتيح.

تُخزن الأصوات رقمياً في مُنتقى النماذج.



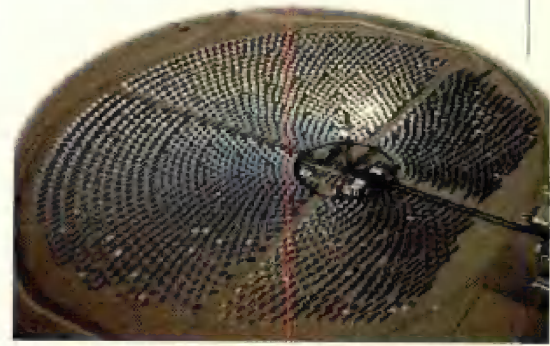
### لمزيد من المعلومات انظر

- الجواسيب ص ١٧٣
- قياس الصوت ص ١٨٠
- انكاس الصوت واصباحه ص ١٨٤
- الأصوات الموسيقية ص ١٨٦
- تسجيل الصوت ص ١٨٨



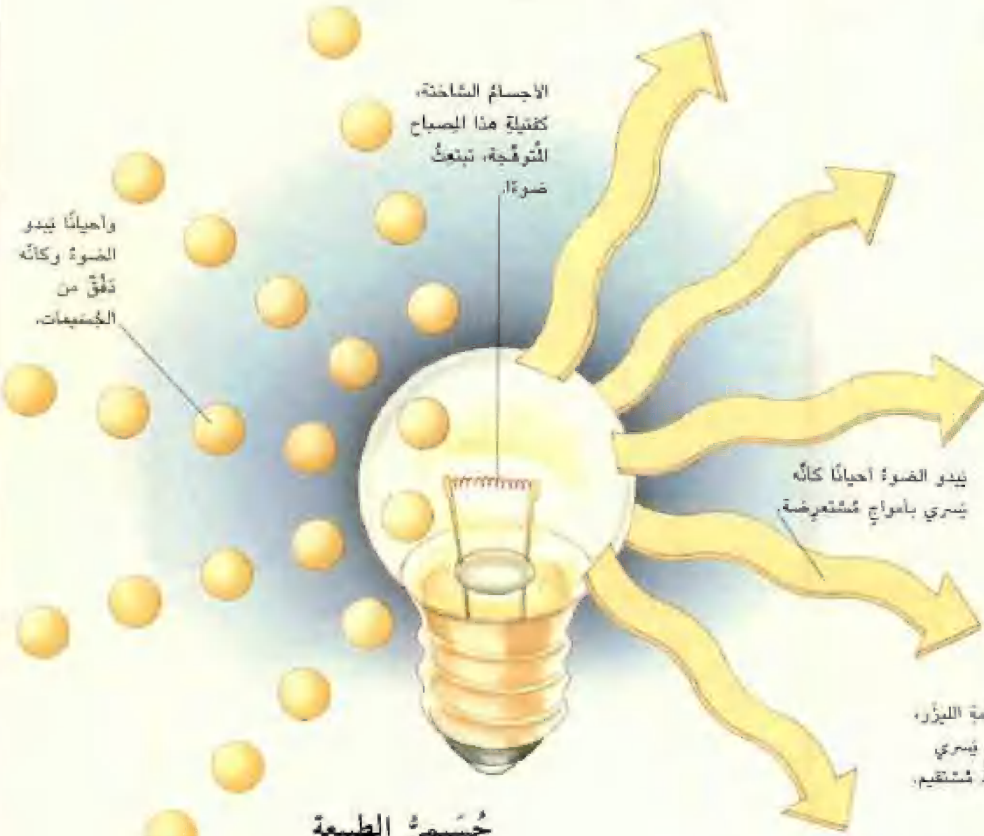
# الضَّوء

ما هو الضَّوء؟ إنَّه شيء نَراه ونُقيِّدُ منه يوميًّا، لكنَّه قَلَمًا يُشْغِلُ تفكيرنا. وهو شكلٌ من أشكالِ الطاقة؛ فطاقةُ الشَّمْسِ هي مصدرُ القُدرةِ لِمُخْتَلِفِ الكائناتِ الحيَّةِ على الأرض. يَسرِّي الضَّوءُ بِسرعةٍ فائقةٍ جدًّا؛ فما أن تَفْتَحَ مِقْلادَ المِصباحِ الكهربائيِّ حتَّى يَعمُرَ الضَّوءُ المكانَ، إذ يَسرِّي الضَّوءُ بِسرعةٍ ٣٠٠,٠٠٠,٠٠٠ كيلومتر في الثانية؛ وهي السَّرعَةُ الحَدِيَّةُ الفُصوى في الكون، ولا شيءٌ يَستطيعُ تَجاوُزَها. أحيانًا يَظْهَرُ الضَّوءُ كأنَّه ذو طَبيعةٍ مَوْجِيَّةٍ؛ لكنَّه، بخلافِ أمواجِ الصَّوتِ والماءِ، يَنتَقِلُ في الفراغِ أيضًا؛ وأحيانًا يَبدو الضَّوءُ وكأنَّه دَفْقٌ من الجُسيماتِ. يَنبعثُ الضَّوءُ عادةً من الأجسامِ السَّاخِنة - كالشَّمْسِ والنَّارِ، لكن يُمكنُ توليدُه بِطَرِيقٍ أُخرى أيضًا. فالكهرباءُ تَنتَبعُثُ الضَّوءَ وكذلك بعضُ التفاعلاتِ الكِيميائيَّةِ - كَتِلْكَ التي تَحدُثُ في الحَماجِبِ فتَجْعَلُها تَوهِّجُ في الظُّلْمَةِ.



## الطاقة الضوئية

يُمكنُكَ تَحْمِيسُ الطاقةِ الضوئيةِ وأنَّ تَشْمَسَ. فِضْوَ الشَّمْسِ يَدْفُؤُ جَسَدَكَ ويُغَيِّرُ في جِلْدِكَ تَفاعُلاتٍ كِيميائيَّةً تَنتِجُها وتُلفِّحُ. إنَّ كَمِّيَّةَ الضَّوءِ الساقِطِ على مِترٍ مُربَّعٍ واحدٍ من سَطْحِ الأرضِ يُمكنُها تَغيلُ عَشْرَةِ مِصابيحٍ كهربائيَّةٍ. ومَخْطَاطُ القُدرةِ الشَّمْسيَّةِ تُسَخِّرُ هذه الطاقةَ بِاستِخدامِ مَرابٍ لِتَركِيزِ أَشْعةِ الشَّمْسِ في مُنْشِئٍ مَركَزيٍّ يُحوِّلُ الماءَ إلى بخارٍ؛ وهذا بِدَوْرِهِ يُستَخدَمُ في توليدِ الكهرباء.



## جُسيمِي الطَبيعةِ أم مَوْجِيَّها؟

إِعتَقَدَ إسْحاقُ نِيوتن (١٦٤٢-١٧٢٧) أنَّ الضَّوءَ يتألَّفُ من جُسيماتٍ بِجَهرِيَّةِ نُشْبَةٍ تُزاحُ البِلِّيارِ الدَّقِيقَةِ. فِيمَا اقترحَ الرِّياضيُّ الهولَندِيُّ، كَريستِيان هِيْجَنز (١٦٦٩-١٦٩٥) أنَّ الضَّوءَ حَرَكَةٌ مَوْجِيَّةٌ كَأَمواجِ الصَّوتِ أو الماءِ. أمَّا نَظَريَّةُ الكَمِّ الحَدِيثَةُ فَتُعلِّلُ خواصَّ الضَّوءِ المَوْجِيَّةَ، في بعضِ الحَالاتِ، وخواصَّه الجُسيمِيَّةَ في حَالاتٍ أُخرى بِطَبيعَةِ المَرْدُوجَةِ.



## الانعكاس والانكسار

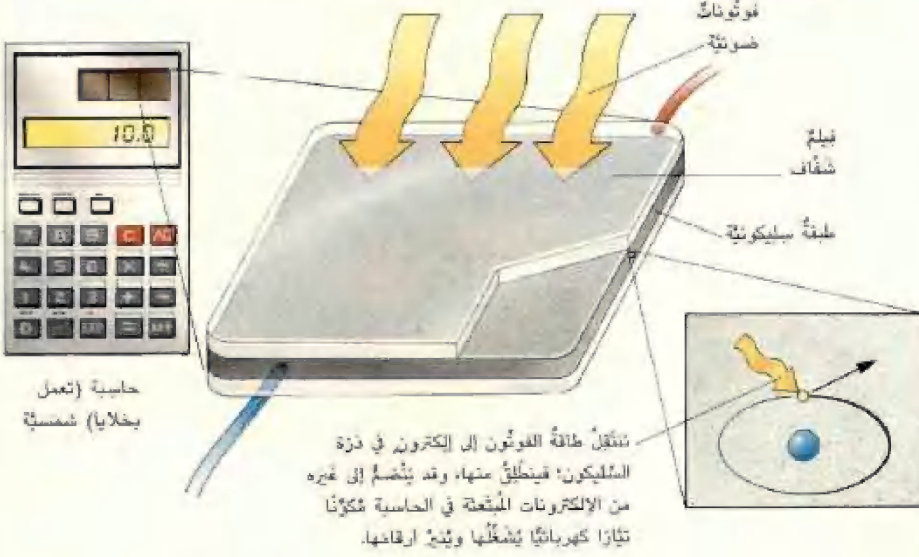
يَسرِّي الضَّوءُ في الفراغِ بِخَطِّ مُستَقيمٍ، لكنَّه يَتحَرِّفُ، مُعَيَّرًا اتِّجاهَهُ، عَندَما يَنتَقِلُ من وَسْطٍ شَفافٍ إلى أُخرى. بِعضِ السَطُوحِ، كالْمِرايا، يَعمُكُ الضَّوءُ كما تَرْتَدُّ الكُرَّةُ من سَطْحٍ صُلْبٍ. أمَّا المَوادُّ الأُخرى، كالْماءِ والرَّجَاجِ، فَتَكمِيزُ الحَزْمُ الضَّوئيَّةَ، مُبَظِّفَةً سَرعَتَها ومُغيِّرَةً اتِّجاهَها قَلِيلًا، عَندَ انْتِقالِها إِلَيْها من الهَواءِ.





## الظَّاهِرَةُ الكَهْرَصَوِّيَّة

أشعة الضوء الساقطة على فيلر، ذي خاصية كهروضوئية، تبتعث بعض الإلكترونات من ذرات ذلك الفيلر. وتُستخدَم هذه الظاهرة الكهروضوئية في الخلايا الشمسية التي تُبَدِّ الحاسبة الإلكترونية الشمسية كهرباء تُولِّدها من الضوء. إن زيادة شدة الضوء لا تزيد سرعة الإلكترونات المُبتعثَة، بل تزيد عددها. وذلك يُمكنُ تعليلُه فقط باعتبار الضوء رُزْماً صغيرة من الطاقة الضوئية تُدعى فُوتُونات. فعندما يَصْدُمُ الفوتون ذرةً تنتقل طاقته إلى أحد الإلكترونات الذرة فينطلق، مبتعثاً، منها. وبازدياد الفوتونات تزداد الإلكترونات المُبتعثَة (المنطلقة) من الذرة.



## الخِيُود والتداخُل

إذا غربت الحُرْمَةُ الضوئية شتلاً ضيقاً فإنها تحرف قليلاً عند حافته وتنتشر. وكلما ازدادَ نُضَيُّ الشَّعْبِ يَتَسَّعُ الانتشار، ويُعرف هذا بالخِيُود (أو الانعراج). يُمكنُك مشاهدة هذه الظاهرة إذا حَزَرْتَ (صَيَّمْتَ) عَيْنَكَ ناظراً إلى مصابيح الشارع غير أهداب أجفالك. إذا تراكبت حُرْمَتَانِ مُتَعَرِّجَتَانِ فالنُضَيُّ الذي تُكوِّنانه لا يمكنُ تعليلُه إلا باعتبار الضوء أمواجاً من ذرى ويطول. فحيث تتلاقى (وتتطابق) ذُرَّتَانِ (أو بُطْنَانِ)، تظهر بقعة ليرة؛ أما حيث يلتقي بقدر مع ذرة فإنهما يلغيان واجدهما الآخر. فتظهر بقعة مظلمة؛ ويُعرف هذا بالتداخُل.



## نَظَرِيَّةُ الكَمِّ

الفيزيائي الألماني، ماكس بلانك (١٨٥٨-١٩٤٧)، كان أول من أَرَاتِي أَنَّ الضوء ليس موجي الطبيعة فقط ولا جُسيمِي الطبيعة فقط، بل إن له خصائص الطبيعة. وقد وَصَّعَ ألبرت أينشتين هذه النظرية فيما بعد - مُعتبراً انعكاس الضوء وانكساره وانعراج، مظهرًا لطبيعته الموجية بترددات وأطوال موجية، كأموال الصُّوْتُ. أما ظاهرة انبعاث الذرات وامتصاصها للضوء فقطظهر لكون الضوء ذَفْقًا من الحُسيمات تُعرف بالفُوتُونات؛ كُلٌّ منها يحمل كمية معينة من الطاقة. وهذا هو مُجْمَلُ نَظَرِيَّةِ الكَمِّ.



عندما يعرُذُ الإلكترون المُستثار ثانيةً إلى مُستَوَاةِ الطاقِ الأَسْفَلِ، يُبَدِّعُ فوتون من الضوء.

## سُرْعَةُ الضَّوءِ

يسري الضوء سُرْعَةً فَائِزَةً جَدًّا بحيث لا يُمكنُ قياسُ زَمَنِ أَنْقَالِه بَأَيِّ سَاعَةٍ عَادِيَةٍ. لكن الفيزيائي الفرنسي، أُرْمَانِ إِيُولِيوت فيزو (١٨١٩-١٨٩٦)، حَقَّقَ قِيَامًا عَمَلِيًّا لِسُرْعَةِ الضوء عام ١٨٤٩. فقد أَرْسَلَ حُرْمَةً ضوئيةً عَبرَ أَسْتَانِ دُولَابٍ مُدَوَّرٍ على بُعد ٩ كم؛ وسَرَّعَ دورانَ الدُولَابِ حَتَّى أَمَكُنَ مشاهدة حُرْمَةِ الضوء المُتَعَرِّجَةِ عَبرَ قُتُوبَاتِ الأَسْتَانِ دونَ انْقِطَاعِ. فأدرك فيزو أَنَّ الضوء قد سَرَى نحو المرآة وعادَ منها في الوقت الذي استدارَ فيه الدُولَابُ سِتًّا وَاحِدَةً.

الضوء من المصدر ينعكس على المرآة عائدًا مُباشرةً من بُعد ٩ كم.

يَتَوَرَّعُ المُرَاقِبُ دَوْرَانِ الدُولَابِ حَتَّى يَرَى حُرْمَةَ الضوء مُتَوَاصِلَةً.

يُدَوِّرُ الدُولَابُ المُدَوَّرُ بِسُرْعَةٍ فَائِزَةٍ بحيث إن حُرْمَةَ الضوء المُنْطَلِقَةَ نحو المرآة من قُبُورٍ بَيْنَ سِتِّينَ ثَوْنًا عَبرَ الضُّوءَ التَّالِيَةَ.

### لَمَزِيدٍ مِنَ المَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- مُصَادِرُ الطَّاقَةِ ص ١٣٤
- الصُّوْتُ ص ١٧٨
- الْقَلْبُ الكَهْرِمَغْنَطِي ص ١٩٢
- مُصَادِرُ الضَّوءِ ص ١٩٣
- الانكسار ص ١٩٤
- الانكسار ص ١٩٦
- الضوء والمادة ص ٢٠٠



# الطيف الكهرمغنطيسي

كما يتقبل الضوء أمواجًا، كذلك أشكال الطاقة الأخرى بما فيها الأمواج الراديوية والصغرية (الميكروية) وفوق البنفسجية؛ وهي كلها أمواج كهرومغنطيسية تولّد في مجملها ما يدعى الطيف الكهرمغنطيسي. إنّ ألوان قوس قزح هي الجزء الوحيد المرئي في هذا الطيف، فكلّ الأمواج الأخرى غير مرئية. إنّ جميع هذه الأمواج تسري بسرعة الضوء، لكنّ كل مجموعة منها لها أطوال موجية مختلفة، وتحمل كمّيات متباينة من الطاقة. فالأمواج دون الحمراء والأمواج الصغرية والراديوية أطول أمواجًا من الضوء المرئي وتحمل طاقة أقل منه. أمّا الأشعة فوق البنفسجية والأشعة السينية وأشعة جاما فأطوالها الموجية أقصر من الضوء المرئي وتحمل طاقة أكثر منه.

## أشعة جاما

أشعة جاما

شديدة الاختراق وهي تحلّل كميّات كبيرة من الطاقة بحيث تُلحق الخلايا الحية إذا مرّت عبرها. تُنتج أشعة جاما من توى الذرّات الإشعاعية في التفاعلات والانفجارات النووية.



## الأشعة السينية

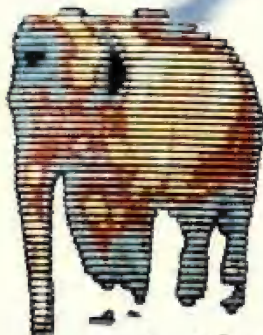
(أشعة إكس)

الأشعة السينية فيها من الطاقة ما يجعلها تخترق طبقة سميكة من المادة - بما فيها الجسم البشري - وفي صورة شعاعية تظهر أجزاء الجسم الكثيفة ظلًا.



## الأمواج فوق البنفسجية

يحتوي ضوء الشمس أشعة فوق بنفسجية والكميّات القليلة من هذه الأشعة مفيدة لنا، لكنّ الكمّيات الكبيرة منها قد تؤذي عيوننا، وتسبّب سرطان الجلد. وهذه الأمواج هي التي تسبّب الجلد وتكسبه سمرة بروليزية.



## الأمواج دون الحمراء

تحتوي جميع الأجسام الدافئة أشعة دون الحمراء، وتستخدم هذه الأشعة في ألتقاط صور فوتوغرافية خاصة، تدعى صورًا حرارية، يُبين كلّ لون فيها درجة حرارة جلدٍ مختلفٍ تتراوح بين الأصفر (احماها) والأزرق (أبروها).

الشمس تصدر للأمواج الكهرمغنطيسية.



الضوء المرئي هو الجزء الوحيد من الطيف الكهرمغنطيسي الذي يُمكن رؤيته.



## الأمواج الراديوية

تتراوح الأطوال الموجية للأمواج الراديوية المستخدمة في البث الإذاعي والتلفزيوني بين مئات الأمتار ويضع عشرات من الساعات. وهناك علاقة وثيقة بين حجم الهوائي اللازم لالتقاط الإشارات الراديوية (اللاميلكية) وبين الطول الموجي.

## الأمواج الصغرية

الأمواج الصغرية أقصر الأمواج الراديوية، وهي تستخدم في إرسال إشارات الرادار. بعض الأمواج الصغرية ذو تردد مُساو لتردد جزيئات الماء، فيمكن استخدامها هذه الأمواج في إشعال الطعام الرطب، إذ تتحوّل طاقتها إلى حرارة بتذبذب جزيئات الماء.



## جيمس كلارك ماكسويل

وضع الفيزيائي الاسكتلندي، جيمس كلارك ماكسويل (١٨٣١-١٨٧٩)، معادلات في الكهرباء والمغنطيسية تُفسّر ظواهر الأمواج الكهرمغنطيسية قبل اكتشافها. فبعد حوالي ١٥ عامًا من نشر تلك المعادلات استطاع هرتز إنتاج الأمواج الراديوية (اللاميلكية) وتعرّفها للمرة الأولى.



## لمزيد من المعلومات انظر

- النشاط الإشعاعي
- (الفاعلية الإشعاعية) ص ٢٦
- السلووات ص ٣٠
- الراديو ص ١٦٤
- التلفزيون ص ١٦٦
- حقائق وتعلّومات ص ٤١٢



## مَصَادِرُ الضَّوِّ

كُلُّ جِسْمٍ فِي الكَوْنِ يَتَبَعُ أَمْوَاجًا كَهْرِمَغْنَطِيْسِيَّةً - من النُّجُوم إِلَى الشَّجَرِ حَتَّى الأَجْسَامِ البَشَرِيَّةِ. هَذِهِ الأَمْوَاجُ غَيْرُ مَرْتَبِيَّةٍ فِي مَعْظَمِ الأَوْقَاتِ وَالحَالَاتِ لِأَنَّ تَرَدُّدَاتِهَا أَقَلُّ مِنْ تَرَدُّدَاتِ الضَّوِّ المَرْتَبِيِّ. لَكِنْ إِذَا سَخُنَ الجِسْمُ تَدْرِيجِيًّا، يَزْدَادُ تَرَدُّدُ الإشْعَاعَاتِ، فَتُصْدِرُ ضَوْءًا مَرْتَبِيًّا. تَبْدَأُ الأَجْسَامُ بِالتَّوَهُُّجِ الأحمرِ البَاهِتِ عَلَى دَرَجَةِ ٥٠٠° س، وَيُصْبِحُ التَّوَهُُّجُ بُرْتَقَالِيًّا نَاصِعًا عَلَى دَرَجَةِ ٢٠٠٠° س، وَيُلْبِغُ دَرَجَةِ الإِبْيَاضِ عَلَى ٥٠٠٠° س، مُتَبَعًا جَمِيعَ ألْوَانِ الطِّيفِ المَرْتَبِيِّ. لَكِنْ إِصْدَارُ الضَّوِّ لَيْسَ مَقْصُورًا عَلَى الأَجْسَامِ السَّاجِدَةِ فَقَطْ، فَالتِّيَّارُ الكَهْرِبَائِيُّ المَارُّ عَبْرَ غَازٍ يُثَبِّرُ الإِكْتِرُونَاتِ الَّتِي تُظَلِّقُ لَاحِقًا طَاقَتَهَا الإِضَافِيَّةَ ضَوْءًا. وَالكِيْمَاوِيَّاتُ قَدْ تُصْدِرُ الضَّوِّ أَيْضًا،

فَأَمْوَاطُ التَّوَهُُّجِ عَلَى طُولِ أَجْسَامِ بَعْضِ أَسْمَاكِ الأَعْمَاقِ تُنْتِجُ عَنْ تَفَاعُلَاتٍ كِيْمَاوِيَّةٍ.

### الطِّيفُ الشَّمْسِيُّ

تَبْلُغُ دَرَجَةُ حَرَارَةِ سَطْحِ الشَّمْسِ ٥٥٠٠° س، وَتَتَبَعُ جَمِيعَ ألْوَانِ الطِّيفِ المَرْتَبِيِّ عَلَى هَذِهِ الدَّرَجَةِ. لَكِنْ الذَّرَّاتُ فِي الطَّبَقَاتِ الْخَارِجِيَّةِ البَارِدَةِ مِنْ جَوْ الشَّمْسِ تَمْتَصُّ تَرَدُّدَاتٍ مُعَيَّنَةً مِنَ الضَّوِّ المَارِّ غَيْرَهَا - وَمَا يُحْدِثُ خُطُوطًا مُظْلِمَةً فِي الطِّيفِ الشَّمْسِيِّ تُعْرَفُ بِخُطُوطِ فَرَاوْنِهُوفِر.

تُنْتِجُ الْعَازِثُ الْمُخْتَلِفَةُ أَصْوَاءَ مُخْتَلِفَةً الْأَلْوَانِ. فَالتِّيَّارُ مَحَلًّا،

يُتَبَعُ دَائِمًا ضَوْءًا أَحْمَرَ.



### أَصْوَاءُ التِّيُونِ

الْأَسْبُوتُ الرَّجَاحِيُّ المَحْمُولُ بِالْغَازِ يُصْدِرُ ضَوْءًا عِنْدَمَا يَسْرِي جَلَالَهُ تِيَّارًا كَهْرِبَائِيًّا. وَتَحْدِثُ ذَلِكَ لَيْسَ لِأَنَّ الْغَازَ سَاجِدًا، بَلْ لِأَنَّ الإِكْتِرُونَاتِ الْغَازِ تُعْطَى طَاقَةً تَفْقِئُهَا لَاحِقًا بِأَيَّامِهَا ضَوْءًا.

### غُوسْتَاَف كِيرْتْنُشُوف

الفِيزِيَاثِيُّ الأَلْمَانِيُّ، غُوسْتَاَف كِيرْتْنُشُوف (١٨٢٤-١٨٨٧)، دَرَسَ الْأَطْيَافَ الضَّوْثِيَّةَ بِعَقْلِيَّةٍ (مِيَكْرُومِتْر) طَوْرَهُ بِمُعَاوَنَةِ الكِيْمَاوِيِّ رُوبَرْت بَيْرْن. وَقَدْ لَاحَظَ أَنَّ الذَّرَّاتِ وَالجُزْئِيَّاتِ الشَّعْرِيَّةَ تَتَبَعُ ألْوَانًا مُعَيَّنَةً فَقَطْ عِنْدَ تَسْخِيْنِهَا. وَبِذَلِكَ ادَّرَكَ أَنَّ كُلَّ غَضَضٍ يُنْتِجُ طِيْفًا مُتَمَيِّزًا مِنَ الْخُطُوطِ الْمَلَوْنَةِ يُمَكِّنُ تَحْدِيدَ هُويَّتِهِ بِهِ.



### صَمِّجَةُ إِدِيْسُون

صَنَعَ الشَّخْصُ الأَمْرِيكِيُّ، تُوْمَاس إِدِيْسُون (١٨٤٧-١٩٣١)، أَوَّلَ صَمِّجَةٍ كَهْرِبَائِيَّةٍ عَمَلِيَّةٍ عَامَ ١٨٧٩. قَدْ مَرَّرَ تِيَّارًا كَهْرِبَائِيًّا عَبْرَ فِتِيلَةٍ كَرْبُونِيَّةٍ بِدَاخِلِهَا، لِإِحْمَالِهَا، فَتَزْهَجَتْ بِضَوْعٍ لَاقِتٍ. وَتَحْوِي الصَّمِّجَاتُ الْحَدِيثَةُ فَنَائِلَ مِنَ التَّجَسُّنِ تُسَخِّنُ إِلَى دَرَجَةِ تُقَارِبُ ٣٠٠٠° س.



### المِظْفِيفُ (السِّيَكْرُومِتْر)

المَوْضُوعُ الرَّجَاحِيُّ يَحْدِثُ اتِّجَاعَ ألْوَانِ الضَّوِّ الْمُخْتَلِفَةِ بِكَيِّمَاتٍ مُتَقَابِلَةٍ، وَبِذَلِكَ يُحَلَّلُ المَرِيجُ الضَّوْثِيُّ إِلَى طَبَقٍ. وَتُسْتَعْمَلُ المِظْفِيفُ (مِقْيَاسُ الطِّيفِ) تَوْضُوعًا لِمَقَاسِ الضَّوِّ، مِنْ مُصْدِرِ ضَوْثِيٍّ، إِلَى طَبَقٍ وَتُحَدَّدُ أَمْوَاطُ الضَّوِّ السَّاجِدَةِ فِي الطِّيفِ مَاخِذَ الْعَنَاصِرِ الْمُتَوَاجِدَةِ فِي الْمَصْدَرِ.

الدَّائِيَوَاتُ الضَّوْثِيَّةُ يُمَكِّنُهَا إِنتَاجُ الضَّوِّ الأحمرِ وَالبُرْتَقَالِيِّ والأَصْفَرِ والأَخْضَرِ.



تُسْتَعْمَلُ الدَّائِيَوَاتُ الضَّوْثِيَّةُ أَيْضًا فِي أَطْرِ عَرَضِ الحَاسِبَاتِ وَتَسْجِلَاتِ النُّقْطِ وَالشَّاعَاتِ الرَّقْمِيَّةِ.

### الدَّائِيَوَاتُ الضَّوْثِيَّةُ

يَحْوِي الكَثِيرُ مِنَ الأنْطِمَةِ الْحَدِيثَةِ الْعَالِيَةِ الأَمَانَةِ أَطْرَ عَرَضٍ مِنَ الدَّائِيَوَاتِ الضَّوْثِيَّةِ. وَهَذِهِ تَحْوِلُ الطَّاقَةَ الكَهْرِبَائِيَّةَ إِلَى طَاقَةِ ضَوْثِيَّةٍ - فَتَبْتَعُ ضَوْءًا عِنْدَ مُرُورِ تِيَّارٍ غَيْرِهَا. وَهَذِهِ الدَّائِيَوَاتُ صَغِيرَةٌ السَّجْمِ، تَسْهِّلُكَ تِيَّارًا قَلِيلًا جَدًّا، وَتَدُومُ طَوِيلًا بِالمُقَارَنَةِ مَعَ الصَّمِّجَاتِ ذَاتِ الْفَنَائِلِ.

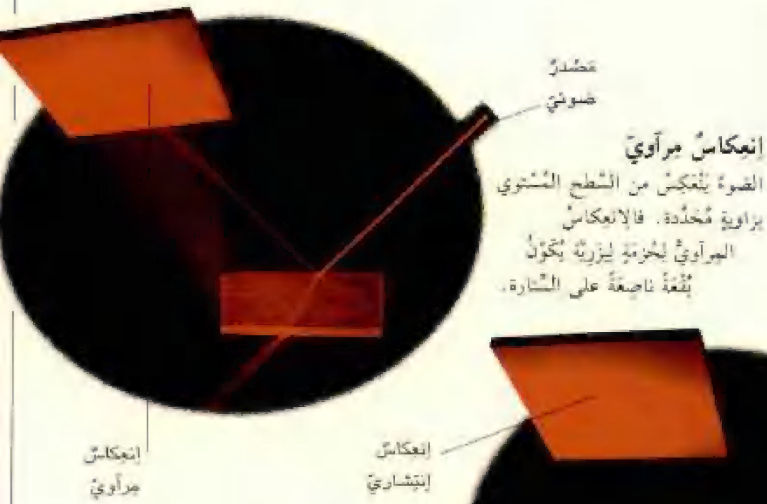
### لِمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- الْغَازَاتُ الثَّقِيلَةُ ص ٤٨
- التَّفَاعُلَاتُ الكِيْمَاوِيَّةُ ص ٥٢
- مَوَارِدُ الكَهْرِبَاءِ ص ١٦٠
- الْأَلْوَانُ ص ٢٠٢



# الانْعِكَاس

نرى بعض الأشياء لأنها مُضيئةٌ بذاتها - كالشمس أو صَمَحَةٌ النُّور؛ أمَّا الأجسامُ غيرُ المُضيئة فتراها بالضوء المُنعكس، أي بأشعة الضوء المُرتدة عنها. فنحن نرى القمر لأنه يَعمُكس ضوء الشمس. الغازات، على العموم، غيرُ مرئيةٍ لأنها، برقة قوامها المُفرقة، لا تستطير من الضوء ما يكفي لرؤيتها؛ أمَّا السوائل والجوامدُ فنرى بوضوح. يعتمدُ مظهرُ الجسم المرئي على كمية الضوء التي يَعمُكسها وعلى نَسْجَةِ سَطْحِهِ؛ فالسطح الأبيض المَليْسُ مثلاً، يَعمُكس النورَ أكثر من سطح داكن خَشن. أمَّا السطح الذي لا يَعمُكس أيَّ ضوءٍ فيبدو أسود.



**الانعكاس الانتشاري**  
السطح الخشن يَعمُكس الضوء مُنتشراً - أي مُستطيراً في جميع الاتجاهات. فالانعكاس الانتشاري لُحْزَمَةُ ليزرته تُنتج رُعةً ضوئيةً مُنتشرةً على الشارة.

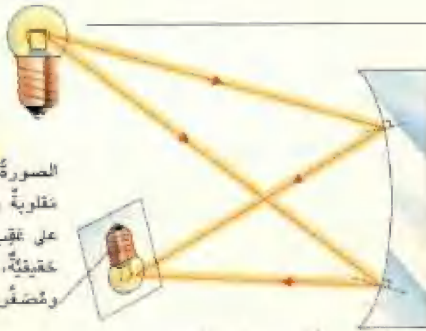


**هندريك لورنتز**  
استخدم الفيزيائي الهولندي، هندريك لورنتز (١٨٥٣-١٩٢٣)، نظرية جيمس كلارك ماكسويل عن الأمواج الكهرومغناطيسية لشرح كيفية انعكاس الضوء. فأرنا أن الإلكترونات تستقبل الطاقة الضوئية ثم تبعثها ثانية بزوايا جديدة. ونؤكد نظرية لورنتز هذه قانون الانعكاس الذي ينص على أن زاوية الانعكاس تساوي زاوية السقوط (أو الزرود).



**طيف شبحي**  
استخدمت المرايا المزدوجة الاتجاه في مساح القرن التاسع عشر لغرض حذر شبحي. فكان الضوء المُستطير على مُشَقَّل مُختصّل ينعكس على مرآة مائلة نحو ضفيحة زجاجية كبيرة مُوازية، ومنها نحو المسرح. فحين يكون المسرح مُغلقاً لا يرى المشاهدون الضفيحة الزجاجية، بل يرون أمامهم شبحاً يُظهِر ويختفي!

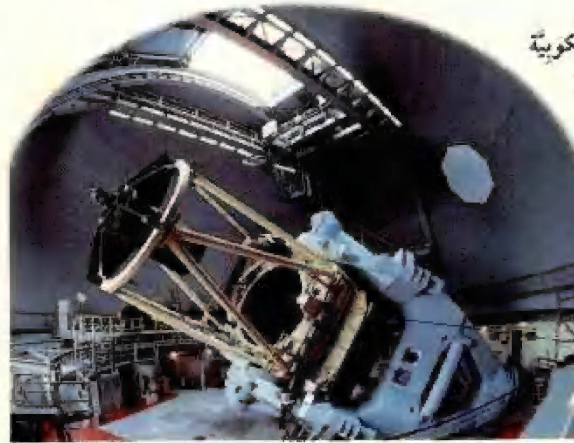




الصورة  
مقلوبة رأساً  
على عقب،  
حقيقية،  
ومضغرة.

### صورة حقيقية في مرآة مقعرة

يُمكن تركيز الضوء الوارد من جسم بعيد بمرآة مقعرة وعرض صورته. المقلوبة رأساً على عقب، على منبارة. وبعيداً حجم الصورة على المسافة بين الجسم والمرآة؛ فكلما اقترب الجسم من بؤرة المرآة بزاد حجم صورته.



### القرايا التلسكوبية

تستخدم أضخم التلسكوبات في العالم مرآة مقعرة كبيرة لجمع ضوء النجوم البعيدة؛ فتلتقط أشعة الضوء المتوازية وتركزها في نقطة واحدة (نقطة البؤرة).

المرآة الرئيسية الكبيرة هي  
مرآة مقعرة يبلغ طول  
قطرها عدة أمتار.

الضوء المنعكس من المرآة المقعرة يُؤجبه إلى  
بؤرة أصغر تعكسه بذورها نحو الكاميرا لنتج  
صورة فوتوغرافية أو تلفزيونية.



### مرآة القيادة

مرآة القيادة مرآة محدبة، سطحها الشفيل  
مُؤس إلى الخارج كفتا الجلفة. المرآيا  
المحدبة تعكس الضوء لنتج دائماً صوراً  
مضغرة وغير مقلوبة. وهذا مفيد إذا أردنا  
الحصول على مجال رؤية واسع كما في  
مرآة القيادة. فبذلك يتضح السائق من  
رؤية مدى أوسع وأشمل على جانبي  
السيارة، عن مدى البؤرة المُنشوية.

حاجز

نقطة  
شعكسة



### أمواج تقديرية

يُمكن تمثيل الطريقة التي تنتج فيها مرآة مستوية صورة تقديرية  
بواسطة الأمواج المائية. افترض أن الحاجز مرآة مستوية. فعندما  
تضربه الأمواج الدائرية ترتد عنه، فتبدو الأمواج  
المنعكسة كأنها آتية من نقطة خلف  
الحاجز. ولما كانت هذه الأمواج لا  
تنتقل فعلاً من تلك النقطة، ندعوها  
صورة تقديرية.

### المرآيا الطريفة

تكون مرآيا المعارض المائية التقوس  
صوراً مشوهة قد تكون مخرجة ومُسَلِّية  
في الوقت نفسه. والحقيقة أن المرآيا  
ذاتها هي المشوهة إذ تجعلها سطوحها  
المائية الثعثر والتحدب مرآيا مقعرة،  
في مواقع - تجعل الأشياء أكبر،  
ومحدبة في مواقع أخرى - تجعل  
الأشياء تبدو أصغر من واقعها. فإذا ما  
وقفت أمام إحدى تلك المرآيا  
الطريفة، فقد ترى لك جسماً طويلاً  
رقيقاً وسائقين قصيرين غليظين، فيما  
تبدو أجزاء أخرى من جسدك مقلوبة  
رأساً على عقب.



الصورة غير  
مقلوبة، تقديرية،  
ومضغرة.

### مرآة الجلالة

إذا قُربت وجهك من مرآة مقعرة، ينعكس الضوء لنتج صورة  
مُكبرة. لكن إذا ابتعدت عن المرآة، تصبح الصورة مضغرة  
ثم تظهر ثانية مقلوبة رأساً على عقب ومضغرة. يُمكنك  
مشاهدة مختلف أطوار هذه الظاهرة في السطح الثعثر  
للجلفة ضفلة.

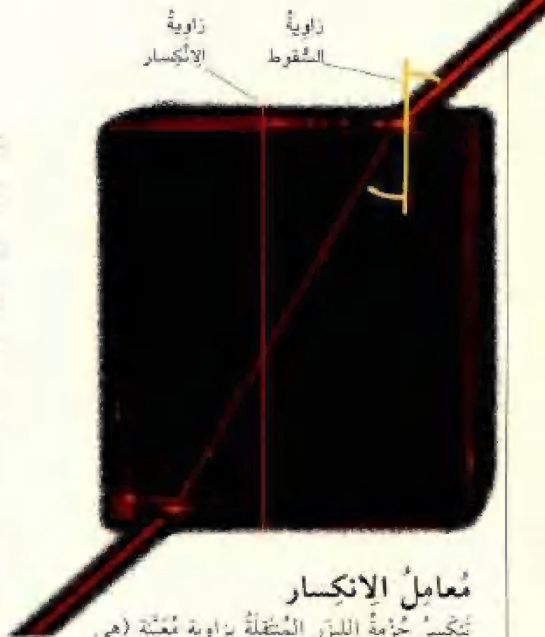
### لزيد من المعلومات الطر

- الطبيب الكهربي عطيس ص ١٩٢
- الهندسات ص ١٩٧
- الآلات العصرية ص ١٩٨
- الضوء والمادة ص ٢٠٠



# الانكسار

يَسْرِي الضَّوءُ فِي حُطُوطٍ مُسْتَقِيمَةٍ؛ لَكِنْ عِنْدَ انْتِقَالِهِ مَادَّةً مِنْ وَسْطٍ شَفَّافٍ إِلَى آخَرَ تَنْحَنِي أَشِعَّتُهُ، وَيُسَمَّى هَذَا الانحناءُ انْكِسَارَ الضَّوءِ. وَيُتَسَرُّ هَذَا لِمَ تَبْدُو قِسْمَةُ الشَّرْبِ مُنْحَنِيَةً فِي كُوبٍ مَاءٍ عِنْدَ نُقْطَةِ دُخُولِهَا فِيهِ. وَيَحْدُثُ الانْكِسَارُ نَتِيجَةً لِتَبَايُنِ سُرْعَةِ الضَّوءِ فِي الْمَوَادِّ الشَّفَّافَةِ الْمُخْتَلِفَةِ. أَوَّلُ مَنْ تَقَضَّى انْكِسَارَ الضَّوءِ رِیَاضِيًّا كَانَ الْعَالِمُ الْهُولَنْدِيُّ فِلِيبُورْد سِنِل (١٥٩١-١٦٢٦). يَمِيزُ مُعَامِلُ الانْكِسَارِ (وهو ثابت =  $\frac{\text{جيب زاوية السقوط}}{\text{جيب زاوية الانكسار}}$ ) مِقْدَارَ انحناءِ حَزْمَةِ الضَّوءِ عِنْدَمَا تَنْتَقِلُ مِنْ مَادَّةٍ إِلَى أُخْرَى. فَبِالنِّسْبَةِ لِلْهَوَاءِ، مُعَامِلُ الانْكِسَارِ ١ لِلْهَوَاءِ، ١,٣ لِلْمَاءِ وَلِلزُّجَاجِ ١,٥. فَالضَّوءُ يَنْحَنِي أَكْثَرَ عِنْدَ انْتِقَالِهِ مِنَ الْهَوَاءِ إِلَى الزُّجَاجِ بِمَا يَنْحَنِي عِنْدَ انْتِقَالِهِ مِنَ الْهَوَاءِ إِلَى الْمَاءِ، لِأَنَّ سُرْعَتَهُ تُبْطَأُ أَكْثَرَ فِي الزُّجَاجِ.



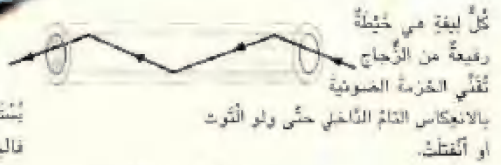
## مُعَامِلُ الانْكِسَارِ

تُكْسِرُ حَزْمَةُ الْبَرَزِ الْمُنْفَلِتَةُ بِزَاوِيَةٍ مُعَيَّنَةٍ (هِيَ زَاوِيَةُ السُّقُوطِ) مِنَ الْهَوَاءِ إِلَى كُتْلَةٍ زُّجَاجِيَّةٍ لِأَنَّ سُرْعَةَ الضَّوءِ فِي الزُّجَاجِ أَقْلُ مِنْهَا فِي الْهَوَاءِ. وَيُحْدِثُ مُعَامِلُ الانْكِسَارِ الثَّابِتُ لِلْمَادَّةِ الْعِلَاقَةَ بَيْنَ السَّرْعَتَيْنِ. نَقِي هَذِهِ الْحَالَةِ، مُعَامِلُ الانْكِسَارِ لِلزُّجَاجِ بِالنِّسْبَةِ لِلْهَوَاءِ هُوَ حَاصِلُ قِسْمَةِ سُرْعَةِ الضَّوءِ فِي الْهَوَاءِ عَلَى سُرْعَتِهِ فِي الزُّجَاجِ.



## تَبَدُّلُ الانْتِجَاءِ بِتَبَدُّلِ السَّرْعَةِ

عِنْدَمَا تَنْتَقِلُ دَوَالِبُ الشَّاحِنَةِ بِزَاوِيَةٍ مُعَيَّنَةٍ مِنْ سَطْحٍ صُلْبٍ إِلَى أَرْضِي زَلْزَلَةٍ مُغْشَوْتَةٍ تُبْطَأُ سُرْعَةُ الدَوَالِبِ مِنْ جَانِبٍ وَاحِدٍ مُسَمَّيَةً انْحِنَاءَ فِي مَسَارِ الشَّاحِنَةِ. وَهَذَا يُمَثِّلُ انْكِسَارَ الضَّوءِ عِنْدَ انْتِقَالِهِ مِنَ الْهَوَاءِ إِلَى الزُّجَاجِ.



## الْمِنْظَارُ الدَّاخِلِي

يُسْتَفَادُ مِنْ مَبْدَأِ الانْعِكَاسِ التَّامِّ الدَّاخِلِيِّ فِي الْقَبْرِ. فَالْمِنْظَارُ الدَّاخِلِيُّ، الْمَوْفُوتُ مِنْ رِزْمَةٍ مِنَ الْأَلْيَافِ الْبَصَرِيَّةِ الْمُرْتَبَةِ، يُسْتَعْمَلُ فِي تَنْظِيرِ دَاخِلِ الْجِسْمِ دُونَ الْحَاجَةِ إِلَى إِجْرَاءِ عَمَلِيَّةٍ جِرَاحِيَّةٍ. يَسْرِي الضَّوءُ مُتَقْلِي عَلَى طُولِ الْأَلْيَافِ بِالانْعِكَاسَاتِ التَّامَّةِ الدَّاخِلِيَّةِ، فَيَسْتَطِيعُ الطَّبِيبُ إِذْخَالِ الْمِنْظَارِ غَيْرِ الْبُلُوعِ وَالْعَرِيءِ لِفَحْصِ دَاخِلِ الْمَعْدَةِ.

تَنْعِكِشُ حَزْمَةُ الضَّوءِ انْعِكَاسًا تَامًّا دَاخِلِيًّا.

ضَوْءٌ مِنْ عَيْنٍ بَعِيدٍ

هَوَاءٌ بَارِدٌ هَوَاءٌ دَافِئٌ

تَبْدُو الصُّورَةُ هَذَا.



## الانْعِكَاسُ التَّامُّ الدَّاخِلِيُّ

يَنْتَبِهُ فِي الْكُتْلَةِ الزُّجَاجِيَّةِ أَعْلَاهُ كَيْفِيَّةُ انْكِسَارِ الضَّوءِ عِنْدَ انْتِقَالِهِ مِنَ الزُّجَاجِ إِلَى الْهَوَاءِ فَتَرْدَادُ سُرْعَتُهُ. إِذَا كَانَتْ زَاوِيَةُ السُّقُوطِ صَغِيرَةً، تَنْتَقِلُ حَزْمَةُ الضَّوءِ بِزَاوِيَةٍ أَكْبَرَى لَكِنْ مَعَ تَزَايُدِ مِقْدَارِ زَاوِيَةِ السُّقُوطِ (إِلَى الْيَسَارِ)، يَزْدَادُ انْكِسَارُ حَزْمَةِ الضَّوءِ أَكْثَرَ فَاتَكْرُرُ. وَعِنْدَمَا تَبْلُغُ زَاوِيَةُ السُّقُوطِ حَدًّا مُسَاوِيًا لِزَاوِيَةِ الْخُرْجَةِ، لَا يَعُودُ الضَّوءُ يَنْتَبِهُ مِنَ الزُّجَاجِ مُظْلَقًا - بَلْ يَنْعَكِشُ دَاخِلِيًّا وَيُعرفُ هَذَا بِالانْعِكَاسِ التَّامِّ الدَّاخِلِيِّ.

## الْأَعْمَاقُ الْمُخْتَلِفَةُ

هَلْ لَحِظْتَ أَنَّ الْأَحْوَاضَ وَالْبِرْكَ هِيَ دَائِمًا أَعْمَقُ مِمَّا تَبْدُو؟ ذَلِكَ لِأَنَّ انْكِسَارَ الضَّوءِ الْمُتَقِلُّ مِنَ الْمَاءِ إِلَى الْهَوَاءِ يَجْعَلُ قَعْرَ الْحَوْضِ يَبْدُو أَقْرَبَ إِلَى النََّظَرِ مِمَّا هُوَ عَلَيْهِ. يُمَكِّنُكَ مُشَاهَدَةُ هَذِهِ الظَّاهِرَةِ فِي كُوبٍ مَاءٍ أَعْلَاهُ. فَبِانْكِسَارِ الضَّوءِ يَبْدُو الزَّرُّ أَقْرَبَ إِلَى سَطْحِ الْمَاءِ.



## الشَّرْبَابُ

يُخْدَعُنَا انْحِنَاءُ الضَّوءِ بِرَوِيَةِ الْأَشْيَاءِ فِي غَيْرِ مَوَاقِعِهَا. يَحْدُثُ الشَّرْبَابُ بِانْكِسَارِ الضَّوءِ فِي الْحَرِّ لِأَنَّ سُرْعَةَ الضَّوءِ أَرْبَعٌ فِي الْهَوَاءِ الْحَارِّ الْمَلِاسِقِ لِلْأَرْضِ مِنْ سُرْعَتِهِ فِي الْهَوَاءِ الْبَارِدِ الْأَعْلَى. فَيَنْكَسِرُ الضَّوءُ فِي مَسَارٍ مُقَوَّسٍ، مُنْتِجًا صُورَةً زَائِفَةً لَجِسْمٍ بَعِيدٍ. وَالشَّرْبَابُ يَكْثُرُ فِي الصَّحَارَى حَيْثُ الْهَوَاءُ حَارٌّ جِدًّا.

## لِمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- الصُّوْتُ والضَّوءُ ص ١٧٧
- الانْعِكَاسُ ص ١٩٤
- الْأَلْوَانُ ص ٢٠٢
- الانْبِصَارُ ص ٢٠٤
- خُفَافٌ وَمَعْلُومَاتٌ ص ٤١٢



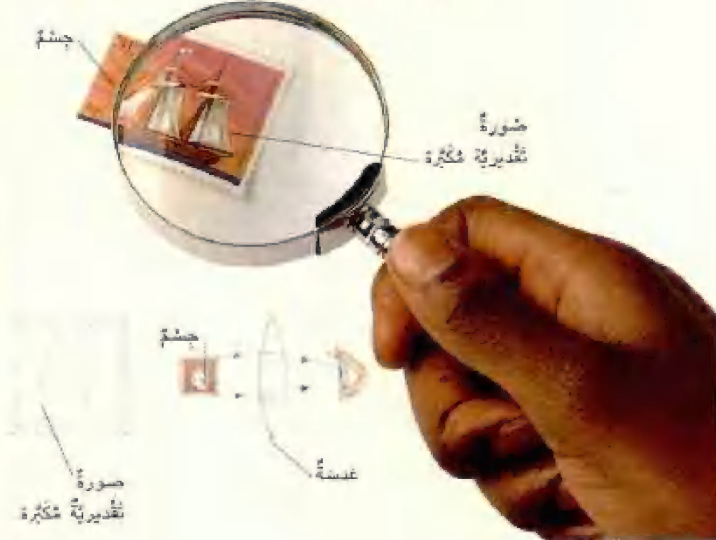
## العَدَسَات

إنَّجَاء الضَّوء عِنْدَ أَنْتِقَالِهِ مِنَ الْهَوَاءِ إِلَى الرُّجَاجِ حَقِيقَةٌ يُمكنُ الاستفادةُ منها. فَالْعَدَسَاتُ هِيَ قِطْعٌ مِنَ الرُّجَاجِ أَوْ اللَّدَائِنِ الشَّافَةِ مُشَكَّلَةً خِصِيصًا لتركيز الضَّوء وتكوين الصُّور وتكبير أو تصغير مشهدٍ يَحْتَوِي الضَّوء السَّارِي عِبرَها. وَيَطْرُدُ تَرَوِي الْعَدَسَةُ بِاتِّجَاهِ أَطْرَافِها، فَقَدْ تَكُونُ أَشْمَكُ أَوْ أَرَقُّ فِي الْمَرْكَزِ مِنْها فِي الْأَطْرَافِ. وَيَحْدُدُ شَكْلُ الْعَدَسَةِ مَا إِذَا كَانَ أَنْجَاء الضَّوءِ الْمَارَّ عِبرَها نَحْوَ نُقْطَةٍ وَحِيدَةٍ - هِيَ بُورَةُ الْعَدَسَةِ - أَوْ بَعِيدًا عَنْها، وَفِي كُلِّ مَنْ عَيْنِي الْإِنْسَانُ عَدَسَةٌ طَبِيعِيَّةٌ تُرَكِّزُ بِها الْمَشَاهِدَ، كَمَا تَفْعَلُ أَنْتَ الْآنَ لِلتَّرْكِيزِ عَلَى هَذِهِ الْكَلِمَاتِ.



عدسة فربنيل

إِسْتَكْرَ الْفِيزِيَاثِيُّ الْفَرَنْسِيُّ، أُوغُسْطِينُ فَرْبِنِيل (١٧٨٨-١٨٢٧)، عَدَسَةً قَوَائِمًا سِلْسِلَةً مِنَ الْخَلَقَاتِ الرُّجَاجِيَّةِ. وَهَذِهِ الْعَدَسَاتُ لَا تُعْلِجُ لِتَكْوِينِ الصُّورِ لِأَنَّهَا تُشَوِّهُ كَثِيرًا، لَكِنَّهَا جَيِّدَةٌ جَدًّا لِتَرْكِيزِ حُزَمِ الضَّوءِ. إِذَا تُسْتَحْدَمُ عَالِيًا فِي الْخَنَازِرِ وَالْفَصَائِجِ الْأَمَامِيَّةِ لِلسَّيَّارَاتِ وَفِي أَجْهَزَةِ الْإِلْتِصَاطِ.



### العدسة المكبرة

يَدُو الْأَجْسَامُ أَكْبَرَ مِنَّا مِنْ تَكْبِيرِ عِلْمًا يُنْظَرُ إِلَيْها مِنْ جِلالِ الْعَدَسَةِ الْمُكْبِّرَةِ فِي الْعَدَسَةِ الْمُكْبِّرَةِ. وَتُشَبِّهُ سَرَّ الْأَتِيعَةِ الضَّوئِيَّةِ جِلالِ الْعَدَسَةِ تَشَبُّهُ كَيْفِيَّةً لِإِنْتِاجِها صُورَةً تَقْدِيرِيَّةً مُكْبَّرَةً لِلجِسْمِ. وَبَعْتِدُ عِدَدًا زَكَاةً عَلَى الْبُعْدِ الْبُورِيِّ لِلْعَدَسَةِ، فَكُلَّمَا قُصُرَ الْبُعْدُ الْبُورِيُّ، بَارَزَ بِها سَمَاةُ الْعَدَسَةِ، تُصَيِّحُ الْعَدَسَةُ أَقْوَى.

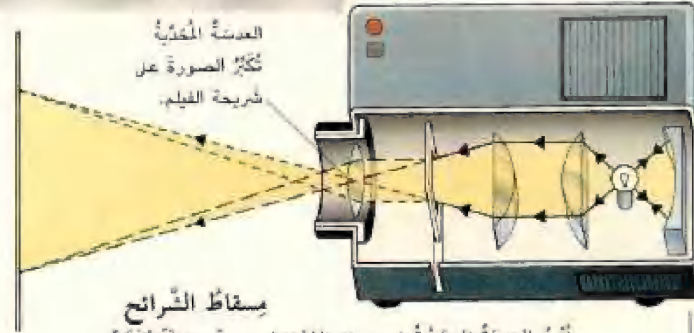
#### لمزيد من المعلومات انظر

- المختبرات ص ١٠٠
- الرجاج ص ١١٠
- الآلات البصرية ص ١٩٨
- الانصاف ص ٢٠٤
- التصوير الفوتوغرافي ص ٢٠٦



### العَدَسَاتُ الْمُحْدَبَةُ وَالْمُقَعَّرَةُ

الْعَدَسَةُ الْأَشْمَكُ فِي وَسْطِها مِنْها فِي أَطْرَافِها عَدَسَةٌ مُحْدَبَةٌ. وَهِيَ تُجْمَعُ أَشْعَةُ الضَّوءِ السُّوَارِيَّةِ الْمَارَّةُ عِبرَها وَتُرَكِّزُها فِي نُقْطَةٍ هِيَ بُورَتُها. أَمَّا الْعَدَسَةُ الْأَشْمَكُ فِي أَطْرَافِها مِنْها فِي وَسْطِها فَهِيَ عَدَسَةٌ مُقَعَّرَةٌ. وَهِيَ تُفَرِّقُ أَشْعَةَ الضَّوءِ السُّوَارِيَّةِ الْمَارَّةُ عِبرَها لِئَنَّهُ كَمَا لَوْ أَنَّها صَادِرَةٌ مِنْ بُورَةٍ تَقْدِيرِيَّةٍ فِي الْجَانِبِ الْأُخْرَى مِنْها.



تُنتِجُ الْعَدَسَةُ الْمُحْدَبَةُ فِي جِهَازِ الْإِلْتِصَاطِ صُورَةً حَقِيقِيَّةً مُكْبَّرَةً لِلشَّرِيحَةِ. وَالصُّورَةُ حَقِيقِيَّةٌ لِأَنَّ الضَّوءَ يَمُرُّ بِها بِعِلَالٍ، كَمَا يُنْكَرُ عَرَضُها عَلَى سِتَارَةٍ. وَهِيَ مَقْلُوبَةٌ (رَأْسًا عَلَى عَقِبٍ)، إِذَا يَجِبُ وَضْعُ الشَّرِيحَةِ الْفِيلِمِيَّةِ مَقْلُوبَةً فِي الْمِسْقَاطِ عِي تَعْرُضُ الصُّورَةَ قَائِمَةً عَلَى السَّارَةِ.

### أَنْطُونِي قَان لِيُونِيَهوك

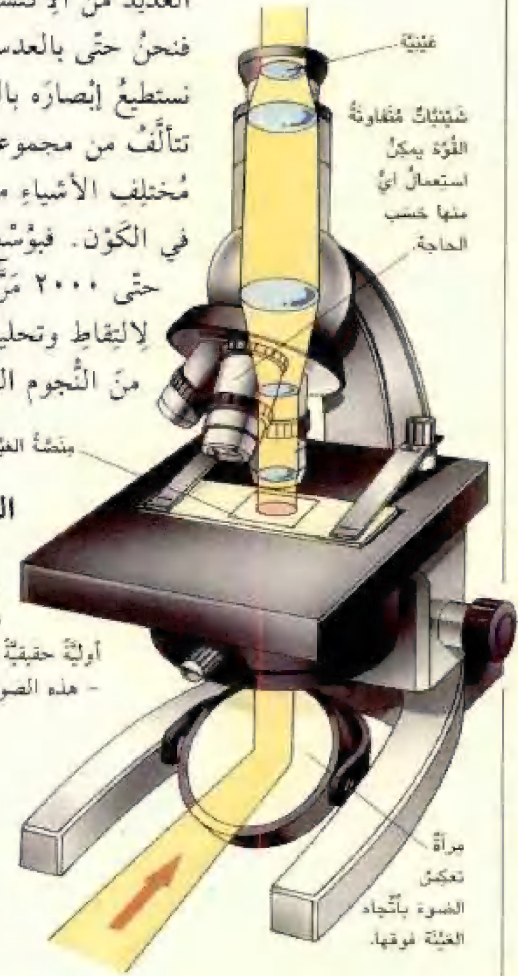
الْمِجْهَرُ الْبَدَائِي الَّذِي صَنَعَهُ الْهُولَنْدِيُّ أَنْطُونِي قَان لِيُونِيَهوك (١٦٣٢-١٧٢٣)، جَعَلَ دِرَاسَةَ الْبَيْكْرِيَا وَخَلَايَا الدَّمِ أَمْرًا مُمَكِّنًا لِلْمَرَّةِ الْأُولَى فِي تَارِيخِ الْعِلْمِ، وَقَوَّاهُ هَذِهِ السَّيِّطَةُ الْبَسِيطَةُ عَدَسَةٌ قَوِيَّةٌ، شُكِّلَتْ مِنْ بِلُورَةٍ رُجَاجِيَّةٍ، مُرَكَّبَةً عَلَى صَفِيحَةٍ مُعْبَدَةٍ.





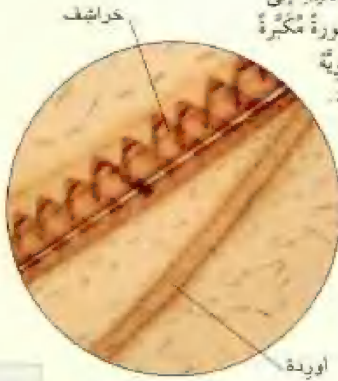
# الآلات البَصَرِيَّة

العديد من الإكتشافات الرائعة تم من خلال عدسات الآلات البَصَرِيَّة. فنحن حتى بالعدسة المُكَبِّرَة البسيطة نرى تفاصيل الأشياء أكثر بكثير مما نستطيع إِنْصَارَه بالعين المُجَرَّدة. أما الآلات البَصَرِيَّة المُتَطَوِّرة - التي تتألف من مجموعات مرآيا وعدسات - فقد مكَّنتنا من دراسة وتقصي مختلف الأشياء من أصغر المُتَعَضِّيات الحيَّة إلى أقصى الأجسام بُعدًا في الكَوْن. فبِوَسْعِ المُجَهَّر (الميكروسكوب) الضوئي تكبير الأشياء حتى ٢٠٠٠ مرَّة؛ كما يمكنُ استخدامُ المُقْرَاب (التلسكوب) لالتقاط وتحليل الضوء من أجسام فلكيَّة أبعدَ مليون مرَّة من أيِّ من النجوم التي نراها في السَّماء ليلاً.



## الميكروسكوب المُرَكَّب

يُكَبِّرُ الميكروسكوب المُرَكَّبُ الأشياء على مرحلتين. تُعكَّسُ المرآة الضوء عبر العِيَّة إلى شبيكة قويَّة - العدسة السُّفْلِيَّة - تُكوِّنُ صورةً مُكَبَّرَة أوليَّة حقيقيَّة للعِيَّة. ثُمَّ تَلْقَى العِيَّةُ - العدسة العلويَّة - هذه الصورة فتُكَبِّرُها ثانية، كما العدسة المُكَبِّرَة.



## صورة مُجَهَّرَة

عندما يُكَبِّرُ جَنَاحُ رُيْبُونٍ ٥٠ مرَّة، تُظْهَرُ الخراشيف والأوردة واضحة التفاصيل. هذه الصورة أُخذتْ عبر عدسات مجهر مُرَكَّب.

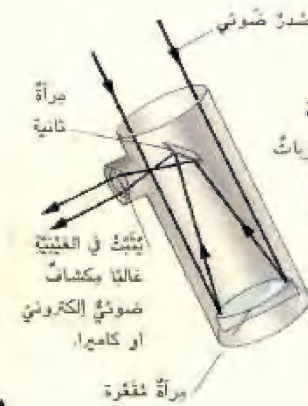
## التلسكوبات المُهمَّة

- ١٧٨٩ تلسكوب وليم هرشل، إنكلترا، قُطْرُ مرآته ١,٢٣ متر
- ١٨٤٥ تلسكوب لورد روس، أيرلندا، قُطْرُ مرآته ١,٨٣ متر
- ١٩١٧ تلسكوب جبل ويلسون، كاليفورنيا، قُطْرُ مرآته ٢,٥٤ متر
- ١٩٤٨ تلسكوب جبل العاكس، ألوامار، كاليفورنيا، قُطْرُ مرآته ٥ أمتار
- ١٩٧٦ تلسكوب جبل سيروفرديكي، قُطْرُ مرآته ٦ أمتار
- ١٩٩٢ تلسكوب كك، هاواي، قُطْرُ مرآته ١٠ أمتار



## تلسكوبات كاسية

التلسكوب الكاسي له عدسة شبيكة مُخَلِّطة كبيرة تكسر الضوء مُكوِّنَة صورةً مقلوبةً للجسم البعيد، تُكَبِّرُها ثانية العدسة العِيَّة.



## تلسكوبات عاكسة

تُعْطَمُ التلسكوبات الفلكيَّة الحديثة هي تلسكوبات عاكسة ذات مرآيا مُقَوِّرة كبيرة تُجَمِّعُ الضوء وتُرَفِّقُه في بؤرتها - فيما تعكسُ مرآة ثانية الضوء بِاتِّجَاهِ العِيَّةِ أو الكاميرا.



## تلسكوب هرشل

هذا التلسكوب العاكس، بقُطْرُ ٤,٢ متر، الذي يحملُ اسمَ وليم هرشل، يحوي كاميرات وحواسيب إلكترونيَّة تُسَجِّلُ وتُحَلِّلُ ضوءَ النجوم. وقد سُمِّيَ في جُودِ جبال لَآبَالَمَا الصافي في إحدى جُزُرِ الكَناري مُقابِلِ السَّاحِلِ الشمالي الغربي للجزيرة الإفريقيَّة.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الإنعكاس ص ١٩٤
- الانكسار ص ١٩٦
- العدسات ص ١٩٧
- علم الفلك ص ٢٩٦
- التلسكوبات الأرضية ص ٢٩٧
- تلسكوبات الفضاء ص ٢٩٨



# الليزر

أضواء الليزر بأشعتها الحزمية عُدَّت من المشاهد المألوفة في حفلات الرقص والغناء الشعبية. لكن استخدام أشعة الليزر يتجاوز مجالات الترفيه والتسلية، إلى مجالات علمية وعملية عديدة تشمل جراحة العين، والمساحة، وقطع الفولاذ، ونقل الإشارات التلفزيونية والحاسوبية عبر الألياف البصرية، وقراءة المعلومات والرموز من شفرات الأعمدة التسعيرية والأسطوانات المدمجة. الخاصّة المميزة لضوء الليزر والتي تؤهله لمختلف استخداماته هي تباطؤه واتساقه (انتظامه). فالأمواج الضوئية العادية مُحَلَّطَةٌ وغير مُنْتَظِمة، لكن أمواج الليزر مُتساوِقة مُنْتَظِمة، كصفوف الجندي في مسيرة عسكرية. لذا يمكن توجيهها بحزم قوية أكثر نُصُوعًا وأدق توازيًا من الضوء من مصادر أخرى.

يمكن إنتاج ضوء الليزر بخشخ الجوامد أو السوائل أو الغازات بالحقن. ويعتقد لون الضوء الليزري الناتج على نوعية العناصر المتواجدة في المادة.



**المحاسبة السريعة في المتاجر الكبرى**  
تقرأ البيانات الحاسوبية المرسلة في شفرة الأعمدة التسعيرية على مشترياتك بضوء الليزر المنعكس. وتُصنع الليزر في قارنات هذه الشفرات حاليًا من أشباه الموصلات، لأنها تستهلك قدرة أقل بكثير من ليزر مزيج الهليوم والنيون التي كانت تُستخدم في مكاتب سابقة.



## نيودور ميمان

طوّر جوردون جاوولد فكرة الليزر عام ١٩٥٧، وهي فكرة تعتمد على نظريات ألبرت أينشتاين في طبيعة الضوء. وحُصِنَ نيودور ميمان (من مواليد ١٩٢٧) أول ليزر عملي عام ١٩٦٠.

جهاز ميمان وُلد ضوء الليزر بتزويد بلورة ياقوت بالطاقة من أنبوب ومض. وقد حقق ليزر ميمان إنجازًا مهمًا رغم أنه لم يتجاوز البضغ ستيمترات طولًا.

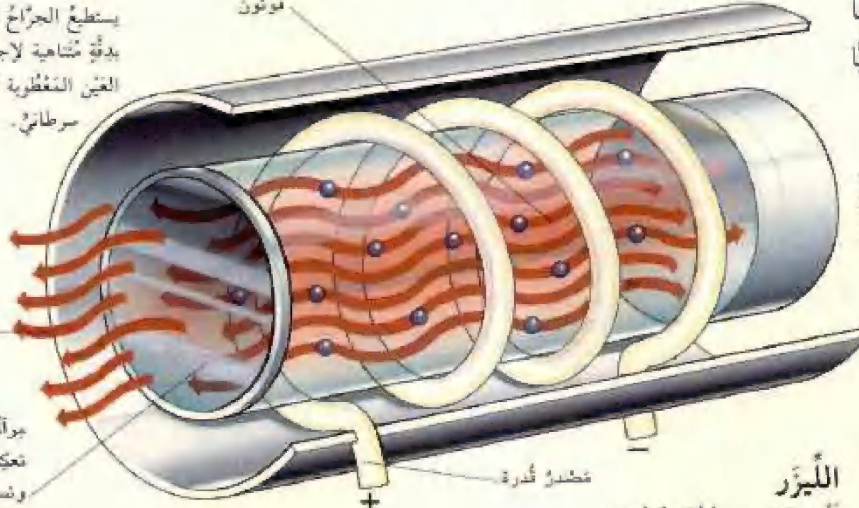
حزمة الليزر  
قوية وشفافة  
الدقة  
فوتون

## الجراحة الليزرية

يستطيع الجراح التحكم في حزم الليزر بدقة متناهية لأجراء قنن دقيق في سطح العين السطوية أو لشفخ خلايا ورم سرطاني.

يتشبع ليزر مزيج الهليوم والنيون ضوءًا أحمر.

جودة حزمة التلميض  
تتكامل شعاع الضوء  
وتستقر بشروط بعضه.



## الليزر

لفظة ليزر هي مُختَصَرٌ أو انلي لما تعناه التضخيم الضوء بأشعة الإشعاع المُنتَشِط؛ ويمكن شرح ما يجري ضمن جهاز الليزر بأن الطاقة المُبتَعَثَة من أنبوب وقاض أو من تيار كهربائي تُنَشَّط أو تُثَبِّر ذرات مادة الليزر. فتشبع بعض الذرات فوتونات، وهذه بدورها تستثير ذرات أخرى لِتَبْتَعَث فوتونات في الاتجاه نفسه. وتُطلَق الفوتونات متوازية جبهةً وذهابًا بين المرايا في جانبي الأنبوب.

الهولوجرام صورة مجسمة (ثلاثية الأبعاد) تؤخذ بضوء الليزر، ويُمكنك الدوران حول الصورة لمُشاهدتها من الجانب الآخر.



## المشور

المجسمة (الهولوجرامية)

تؤخذ الصورة العادية بواسطة مجموعة واحدة من الأمواج الضوئية تتعكس من الجسم إلى الفيلم. لكن بفضل أنظمة ضوء الليزر الفائقة، يمكن نقله إلى مجموعتين موجيتين لإنتاج صورة مجسمة. إحدى المجموعتين تعكس مباشرة من الجسم، أما المجموعة الأخرى فتصل الفيلم من اتجاه مختلف دون المرور بالجسم. وحيث تلتقي المجموعتان الموجيتان ينتج نمط تداخلي يُسَجَّل على الفيلم. فإذا أُثِرَت الصورة الهولوجرامية بالشكل الصحيح تبدو مجسمة ثلاثية الأبعاد.

## الليزر الصناعية

تقطع الليزر العالي القدرة صفائح الفولاذ السمكة بالسهولة التي تقطع فيها مكين سائجة قطعة من الزبد. والليزر بالغة الأهمية أيضًا في المساحة، لأن حزمه تُشْري في خط مستقيم بغاية الدقة. وقد تم تخطيط مسار نفق القناة الإنكليزية بين فرنسا وإنجلترا بواسطة الليزر.

## لمزيد من المعلومات انظر

- أشياء الفيزياء ص ٣٩
- الغازات الثقيلة ص ٤٨
- السرعة ص ١١٨
- الكهرباء الثابتة ص ١٤٨
- الصوت والضوء ص ١٧٧
- الضوء ص ١٩٠



# الضَّوء والمادَّة

يَقْتَضِي لَوْنُ عَدَسَاتِ النُّظَارَاتِ  
الْفُوتُونُ وَحَيَّةٌ عِنْدَ تَعَرُّضِهَا  
لِضَوْءِ الشَّمْسِ السَّاطِعِ.



## الرَّجَاجُ الْفُوتُونُ وَحَيَّةٌ

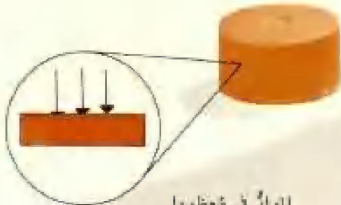
فِي الضَّوءِ الْخَالِيقُ يَدُو  
الرَّجَاجُ الْفُوتُونُ وَحَيَّةٌ شَقَّاقَا

تَقْرِيْبًا، لَكِنَّهُ يُصْبِحُ قَابِلًا عِنْدَمَا يَتَعَرَّضُ لِضَوْءٍ سَاطِعٍ.  
فَالطَّاقَةُ الضَّوئيةُ تُغَيِّرُ بِنَتِهِ نَعْصَ خَزَائِنَاتِ الرَّجَاجِ  
فَتَمْتَصُّ ضَوْءًا أَكْثَرَ، وَهَذِهِ الْخَاصَّةُ عَكْسِيَّةٌ - فَنَلِي  
الْقَلْبَ يَعُودُ الرَّجَاجُ إِلَى صِفَاتِهِ.

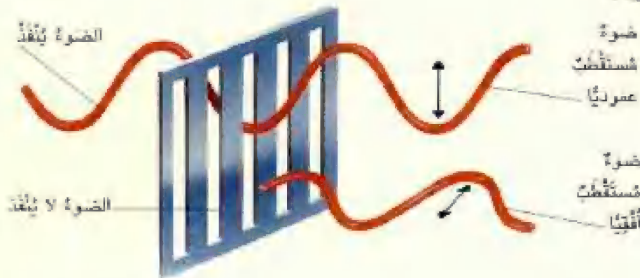
## الْأَجْسَامُ الشَّافَّةَةُ وَالشَّفَّةُ

### وغير الشَّافَّةُ

الْمَوَادُّ الْعَادِيَّةُ تَتَأَثَّرُ بِالضَّوْءِ بِطَرِيقٍ مُخْتَلِفَةٍ،  
فَالشَّافَّةُ مِنْهَا تُنْفِذُ كُلَّ الضَّوْءِ السَّاقِطِ عَلَيْهَا  
تَقْرِيْبًا، وَالشَّفَّةُ (شِبْهُ الشَّافَّةِ) تُنْفِذُ الضَّوْءَ  
مُسْتَطَازًا فِي شَتَّى الْأَتْجَاهَاتِ بِحَسَبِ مَيَّاتٍ دَقِيقَةٍ  
دَاخِلِهَا، أَمَّا الْمَوَادُّ غَيْرُ الشَّافَّةِ فَلَا تُنْفِذُ  
الضَّوْءَ، بَلْ تَعْكِسُهُ أَوْ تَمْتَصُّهُ.



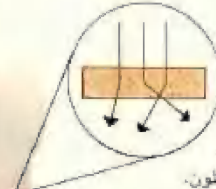
الْمَوَادُّ فِي مَعْظَمِهَا  
غَيْرُ شَّافَّةَةٍ، فَلَا تُنْفِذُ شَيْئًا  
مِنَ الضَّوْءِ بَلْ تَعْكِسُ ظِلَالًا.



## الاشْتِعَاب

أَمْوَاجُ الضَّوْءِ مُشْعَرِضَةٌ، تَتَذَلَّذُ  
مُتَعَابِدَةً مَعَ آتِجَاهِ سَارِهَا - النُّظَارَاتِ  
الشَّمْسِيَّةِ الْمُسْتَطَبَّةِ تُنْفِذُ فَقْطَ الضَّوْءَ  
الْمُتَذَلَّذُ رَاسِيًا وَهِيَ بِأَمْتِصَابِهَا  
الضَّوْءَ الْمُسْتَطَبَّ أَفْقِيًا تُسَاعِدُ فِي  
تَخْفِيزِ النَّهْرِ

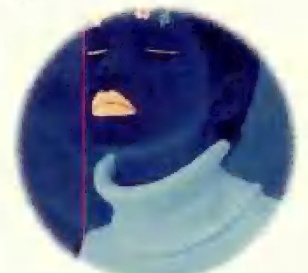
لَعَلَّكَ شَعَرْتَ يَوْمًا بِالْحَرَارَةِ الْمُتَبَعَّةِ مِنْ طَرِيقٍ مُعَبَّدَةٍ بِالْأَسْفَلَتِ فِي يَوْمِ شَمْسٍ!  
فَالْأَسْفَلَتُ لِسَوَادِهِ يَمْتَصُّ الطَّاقَةَ الضَّوئيةَ السَّاقِطَةَ عَلَيْهِ فَتَرْتَفِعُ دَرَجَةُ حَرَارَتِهِ تَدْرِيجِيًّا.  
السُّطُوحُ السَّوْدَاءُ تَمْتَصُّ الضَّوْءَ، فِيمَا السُّطُوحُ الْبَيْضَاءُ تَعْكِسُهُ فَتَسْخُنُ بِطَرِيقٍ أَكْثَرَ عِنْدَ  
تَعَرُّضِهَا لِلشَّمْسِ. إِذَا فَاَلْمَلَأْسُ الْفَاتِحَةُ اللَّوْنِ أَبْرَدُ مِنَ الذَّاكِنَةِ فِي طَقْسٍ حَارٍّ، وَكَمَا  
الْأَشْيَاءُ تَعْكِسُ الضَّوْءَ أَوْ تَمْتَصُّهُ فَإِنَّ الْمَوَادَّ الشَّافَّةَ، كَالرَّجَاجِ، تُنْفِذُهُ. وَيَعْتَمِدُ مَظْهَرُ  
الْجِسْمِ (أَوِ الْمَادَّةِ) لِلرَّائِي عَلَى الطَّرِيقَةِ الَّتِي يَمْتَصُّ فِيهَا الْجِسْمُ الضَّوْءَ  
أَوْ يَعْكِسُهُ أَوْ يُنْفِذُهُ.



تُفْعِدُ الْمَادَّةُ الشَّفَّةُ  
(شِبْهُ الشَّافَّةِ)  
الضَّوْءَ، لَكِنَّهُ يَسْتَقْبِلُ  
دَاخِلَهَا فَتَقْدِرُ لَبِنَتُهُ اللَّوْنِ.



تُفْعِدُ الْمَادَّةُ الشَّافَّةُ مُعْظَمَ الضَّوْءِ  
السَّاقِطِ عَلَيْهَا، وَيَعْكِسُ الْقَلِيلَ  
عَنْ - وَهَذَا مَا يَجْعَلُنَا نَرَى  
سَطْحَ الرَّجَاجِ.



## التَّقْلُورُ

بَعْضُ الْكِيْمَاوِيَّاتِ يَمْتَصُّ الضَّوْءَ فَوْقَ النَّسْجِي  
ثُمَّ يَقْلِقُ الطَّاقَةَ ضَوْءًا مُرْتَبًا وَيُعَرِّثُ هَذَا  
بِالتَّقْلُورِ. هَذِهِ الْكِيْمَاوِيَّاتُ يُمْكِنُ اسْتِخْدَامُهَا فِي  
صُنْعِ الْمَلَابِسِ وَالذَّهَانَاتِ، وَأَقْلَامِ التَّلْوِينِ وَحَتَّى  
مُتَحَضِّرَاتِ التَّجْمِيلِ الْمُتَوَهَّجَةِ. يُضَعُّ مُصْنَعُو  
مَآحِقِ الْعَبَلِ كِيْمَاوِيَّاتٍ فُلُورِيَّةَ فِي الْمَنْفَقَاتِ كِي  
يَبْدُو الْمَلَابِسُ الْبَيْضَاءُ أَكْثَرَ بَيَاضًا فِي ضَوْءِ الشَّمْسِ.



## رُقَّةُ السَّمَاءِ

هَلْ نَسَاءَلْتُ يَوْمًا لِمَ يَبْدُو السَّمَاءُ  
زُرْقَاءَ؟ الشَّيْءُ هُوَ أَنَّ جُسَبِمَاتِ  
الْعُبَارِ الدَّقِيقَةَ وَخَارَ الْمَاءِ فِي الْحَوِّ  
تَسْتَطِيعُ (تُشَبِّتُ) ضَوْءَ الشَّمْسِ  
الْأَزْرَقَ، ذَا الطُّوْلِ الْمَوْجِيَّ  
الْقَصِيرِ، بِشِدَّةٍ أَكْثَرَ مِمَّا تَسْتَطِيعُ  
الضَّوْءَ الْأَحْمَرُ ذَا الطُّوْلِ الْمَوْجِيَّ  
الْأَطْوَلَ. أَمَّا حِينَ نَنْظُرُ فِي أَتْجَاهِ  
مَغِيبِ الشَّمْسِ عِنْدَ الْغُرُوبِ، فَإِنَّا  
نَرَى ضَوْءَ الشَّمْسِ الْمُخْمَرُ  
الْأَلْمُسْتَظَارَ (غَيْرَ الْمُشَبَّتِ).



لِزِيدِ مِنَ الْعُلُومَاتِ أَنْظُرْ
الضُّوْءُ ص ١٧٨
الْقَلْبُ الْكَهْرُبَعُطِي ص ١٩٢
الْإِنْكَسَافُ ص ١٩٤
الْإِنْكَسَافُ ص ١٩٦



# الظلال



تتكوّن الظلال لأن أشعة الضوء تسري في خطوط مُستقيمة فلا تلتفت حوّل الأجسام اللامشافة التي تعترض مسارها. وتعتمد جِدّة معالم الظل على المصدّر الضوئي؛ فالمصدر النقطي يُلقِي ظلالاً محدّدة المعالم، أما المصدر الممتد (اللانقطي) فيلقِي ظلالاً غير واضحة المعالم. والشمس يحكم بعلمها الفاصي تبدو كمصدر نقطي تقريباً؛ والظلال التي تلقيها هي ظلال محدّدة المعالم. أما المصدر الضوئي الأكثر امتداداً كأنبوب إنارة فلوري فيلقِي ظلالاً أقل وضوحاً. ولعل أكثر مشاهد الظلال روعة هو كسوف الشمس أو خسوف القمر.



## اليزولة الشمسية

يتحرّك الظل الذي تلقى اليزولة الشمسية تبعاً لحركة الشمس الظاهرية غير السماء؛ ونستخدم هذا التحرك في تحديد الوقت. وقد استُخدمت أولى المزاويل الشمسية في الصين منذ أكثر من ٢٠٠٠ سنة، وكانت تتألف من عمود رأسي بسيط.

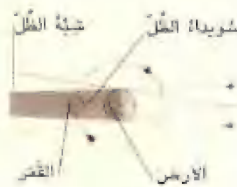
## الظلال

الشمس لا تلقي ظلالاً حين تكون في شتّ الرأس عند الظهيرة، لكن عندما تغدو أخفض، تستطيل الظلال حتى تصبح أطول من الأجسام التي تُسببها. هالكَ قسمان للظل الذي تلقى الشمس - هما شويداء الظل وشتّ الظل. فشويداء الظل هي المنطقة التي تخجّب فيها الجسم جميع أشعة الشمس. أما شتّ الظل فهي المنطقة التي تخجّب فيها الجسم الضوء الآتي من بعض أقسام الشمس وليس من أقسامها الأخرى.



## الكسوف

في أثناء الكسوف، يمر القمر (وهو في السحاق) بين الشمس والأرض فيلقِي ظلاً ضخماً على جزء من سطح الأرض. في مناطق شتّ الظل يكون الكسوف جزئياً؛ أما في شويداء الظل، فيعتم النهار كأنه ليل، يضيغ دقائق لإحتجاب الشمس تماماً.



## الكسوف

أحياناً تشرّ الأرض بين الشمس والقمر (في ليلة تمامه) فتخجّب بظلّها، ويُعرف هذا بالكسوف. في مركز الكسوف يخجّب القمر عن الرؤية فترة تزيد على ساعة. وفي أثناء الكسوف يمكن مشاهدة ظلّ الأرض يتحرّك على سطح القمر.

## الكسوف والخراقات

قديماء وقبل الاكتشافات العلمية الحديثة، كان الكسوف حدثاً مخيفاً - صوّرته الحضارات القديمة كأنّ غولاً هائلاً يبتلع الشمس. لكن مع تقدّم العلم، وحفظ السجلات الفلكية، توضح أنّ الكسوف أو الخسوف هما حدثان مُتعلّقان بحيث يمكن التنبؤ بزمن حدوثيهما.



## هالة الشمس

في الكسوف

الكلّي لا يرى من

الشمس إلا هالة إكليلية

حوّل فزحها. وتنبه العلماء فرصة هذا

الحدث لدراسة نشاط الغازات في هذه الهالة.

كذلك فإن الشوطة (الشوطات)، التي لا ترى

عادة، بتأثير نور الشمس الغامر، تُشاهد عند

الكسوف مُستديلة فوق سطح الشمس.



## لمزيد من المعلومات انظر

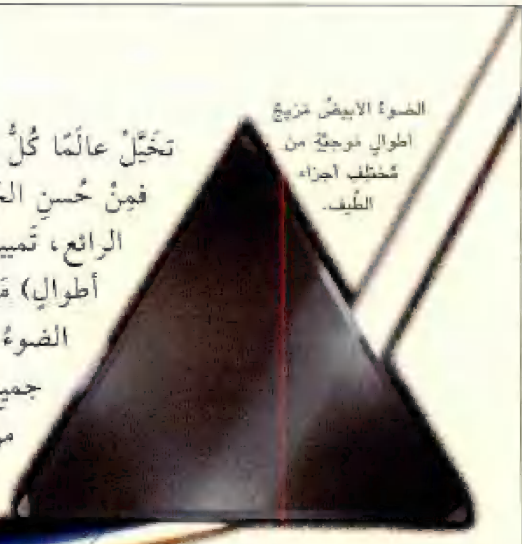
- الضوء ص ١٩٠
- الضوء والمادة ص ٢٠٠
- الشمس ص ٢٨٤
- القمر ص ٢٨٨
- علم الفلك ص ٢٩٦



# الألوان

تَحِيلُ عَالَمًا كُلُّ شَيْءٍ فِيهِ بِلَوْنٍ ضَوْءِ النَّهَارِ - أَيْضُ. إِنَّ الْحَيَاةَ فِيهِ سَتَكُونُ رَتِيبةً مُمِلَّةً وَلَا شَكَّ. فَمِنْ حُسْنِ الْحَظِّ أَنَّ عَالَمَنَا مُشْرِقٌ نَاضِرٌ بِالألوانِ البَهيجَةِ المُتَنَوِّعةِ. وَتَسْتَطِيعُ عِيُونُنَا، بِتَرَكيبِهَا الرَّائِعِ، تَمييزَ الأطوالِ المَوْجِيَّةِ المُخْتَلِفَةِ لِلضَّوئيةِ الْمُنظُورِ كالألوانِ مُخْتَلِفَةٍ. فَكُلُّ طَوِيلٍ (أو جَمِيعَةٍ أَطْوَالٍ) مَوْجِيَّةٍ ضَوْئِيَّةٍ هُوَ (أو هِيَ) لَوْنٌ مُعَيَّنٌ. وَأَطْوَلُ هَذِهِ الْأَطْوَالِ المَوْجِيَّةِ المَرْتَبِيَّةِ هُوَ الضَّوئيةُ الأَحْمَرُ؛ وَأَقْصَرُهَا هُمَا الأَزْرَقُ وَالبَيْنَسْجِي. فَإِذَا مَرَجَّتْ كَمِيَّاتٌ مُتساوِيَةٌ مِنْ جَمِيعِ أَطْوَالِ الضَّوئيةِ المَوْجِيَّةِ مَعًا، تَكُونُ النَتِيجَةُ ضَوْءًا أَيْضُ. يَعتَقِدُ العُلَمَاءُ أَنَّ الكَثِيرَ مِنَ الحَيَوَانَاتِ لَا يَسْتَطِيعُ تَمييزَ الْأَطْوَالِ المَوْجِيَّةِ المُخْتَلِفَةِ، فَهِيَ تَعِيشُ فِي عَالَمٍ لَا تَعْرِفُ اللَّوْنَ فِيهِ.

ضوء الشمس مزيج من جميع الأطوال الموجية من الأمواج الأطول للضوء الأحمر حتى أقصرها للضوء البنفسجي.

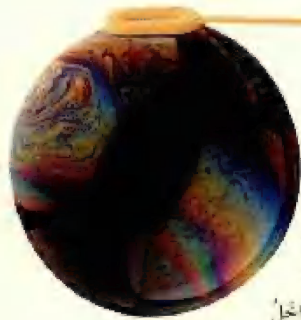


## ألوان قوس القزح

يُمْكِنُ رُؤْيَا الألوانِ المُخْتَلِفَةِ الَّتِي تُؤَلَّفُ الضَّوئيةُ الأَيْضُ عِنْدَمَا يَغْلِي مُشَوِّرٌ حُرْمَةً مِنَ الضَّوئيةِ كَاسِرًا الْأَطْوَالِ المَوْجِيَّةِ المُخْتَلِفَةَ بِمَقَادِيرٍ مُتَفَاوِتَةٍ، يُعْرِفُهَا إِلَى طَيفٍ تَسْتَطِيعُ رُؤْيَا. الضَّوئيةُ الأَحْمَرُ، الأَكْثَرُ طَوِيلًا مَوْجِيًّا، هُوَ الأَقْلَى انْكِسَارًا؛ وَاللَوْنُ البَيْنَسْجِي، الأَقْصَرُ طَوِيلًا مَوْجِيًّا، هُوَ الأَكْثَرُ انْكِسَارًا.

المشور يخلق الضوء الأبيض ويغلقه إلى شقوقاته اللونية.

يتبعث قضيب من الفولاذ الحدي أسوأ من الطرف الأحمر من الطيف المنظور فقط.



## ألوان التداخل

الألوانِ الرَّائِعَةِ الَّتِي تُشَاهِدُهَا أَحْيَاءٌ عَلَى تَفَافِعِ الصَّابُونَ سَبَبُهَا تَدَاخُلُ الضَّوئيةِ. فَالنَّيْضَةُ الضَّوئيةُ الأَيْضُ السَّعِيكَةُ عَلَى العِشَاءِ الدَّاخِلِيَةِ لِفَقَاعَةِ الصَّابُونَ تُسَرِّي أَلْوَنًا قَلِيلًا مِنَ الْأَلْوَنِ السَّعِيكَةِ عَلَى العِشَاءِ الْخَارِجِيَةِ. وَتَدَاخُلُ الْأَمْوَاجِ فِي كُلِّ شَعاعٍ بَعْضُهَا مَعَ بَعْضٍ حَيْثُ تَلْتَقِي. فَتَلْتَقِي بَعْضُ الْأَلْوَانِ وَاجِدُهَا الْآخَرَ، لِيَمَّا تَتَصَادَمُ أُخْرَى يَتَكَوَّنُ نَتِيجًا لَوْنِيًّا عَلَى سَطْحِ الْفَقَاعَةِ.



يحتوي الضوء الأبيض كل ألوان الطيف.

مع زيادة إحصاء القضيب يتحول لون جزيته الأسفل إلى الأصفر.

مع المزيد من الإحصاء، القضيب الآن يتبعث معظم ألوان الطيف المنظور التي تخرج معًا لتعطي ضوءًا أبيض.



المزيج الماجنسي (الأحمر الموزق) يُؤَلَّفُ الضَّوئيةُ الأَحْمَرُ وَالأَزْرَقُ وَيَمْتَلِئُ الْأَخْضَرُ.

## درجة الحرارة اللونية

تَتَبَعُ جَمِيعُ الْأَجْسَامِ أَمْوَاجًا كَهْرِمَغْنِطِيَّةً هِيَ فِي الغَالِبِ غَيْرُ مُنْظُورَةٍ. لَكِنْ عِنْدَ إِحْصَاءِ الْجِسْمِ تَكْتَسِبُ هَذِهِ الْأَمْوَاجُ طَائِفَةً أَكْثَرُ - فَيَزِدُّ تَرْدُّدُهَا وَتَقْصُرُ أَمْوَاجُهَا تَدْرِيجِيًّا حَتَّى يَبْلُغَ الْخُدَّ الْمُنْظُورَ. عِنْدَ إِحْصَاءِ قَضِيبٍ مِنَ الْفُولَادِ، كَمَا أَعْلَاهُ، يَتَوَقَّعُ أَوَّلًا بِلَوْنٍ أَحْمَرَ كَامِدٍ، وَمَعَ زِيَادَةِ الْإِحْصَاءِ يَتَحَوَّلُ إِلَى اللَّوْنِ الْأَصْفَرِ. وَعَلَى دَرَجَةِ الْحَرَارَةِ الْأَشَدِّ، يَتَبَعُ الْقَضِيبُ مُعْظَمَ الْأَلْوَانِ الطَّيْفِ الْمُنْظُورِ الَّتِي تَمْتَرِحُ مَعًا لِتُعْطِيَ ضَوْءًا أَيْضُ.

ماجنتا (أحمر موزق)



شيان (أزرق داكن)

## الأضواء الملونة

الأحمر والأخضر والأزرق تُعرَفُ بِالألوانِ الْأَوَّلِيَّةِ - وَتُمْكِنُكَ بِمَزَجِ هَذِهِ الْأَلْوَانِ الضَّوئِيَّةِ الْحَصُولُ عَلَى أَيِّ لَوْنٍ آخَرَ تَقْرِبًا. فَإِذَا مَزَجَ الضَّوئيةُ الأَحْمَرُ وَالْأَخْضَرُ وَالْأَزْرَقُ بِالنَّسَبِ الصَّحِيحَةِ يَتَكَوَّنُ الضَّوئيةُ الأَيْضُ - وَحَيْثُ يَتَرَاكَبُ لَوْنَانِ أَوَّلِيَّانِ فَإِنَّهُمَا يُتَّجَنُّ لَوْنًا ثَانِيًّا، فَالْأَحْمَرُ وَالْأَزْرَقُ يُتَّجَنُّ الْمَاجِنِي، وَالْأَحْمَرُ وَالْأَخْضَرُ يُتَّجَنُّ الْأَصْفَرُ، وَالْأَخْضَرُ وَالْأَزْرَقُ يُتَّجَنُّ الشَّيَان.

يُمْكِنُ تَأْلِيفُ الضَّوئيةِ الأَيْضِ بِمَزَجِ الْأَحْمَرِ وَالْأَخْضَرِ وَالْأَزْرَقِ فَقَطْ.



المزيج الأخضر يُؤَلَّفُ النُّطَاقُ الْأَخْضَرُ فَقَطْ مِنَ الطَّيْفِ وَيَمْتَلِئُ النُّطَاقَيْنِ الْأَحْمَرُ وَالْأَزْرَقِ.

## المزيجات

المزيجُ صَبِيحَةٌ لِدَانِيَّةٍ تَسْتَعْمَلُ بَعْضُ الْأَلْوَانِ وَتُهْلِكُ أُخْرَى. فَالْمَزِيجُ الْأَخْضَرُ، مَثَلًا، يَمْتَلِئُ جُزْأِي الطَّيْفِ الْأَحْمَرُ وَالْأَزْرَقِ وَيُهْلِكُ النُّطَاقَ الْأَخْضَرُ فَقَطْ. أَمَّا الْمَزِيجُ الْمَاجِنِي (الْأَحْمَرُ الْمَوْزَقُ) فَيَمْتَلِئُ الضَّوئيةُ الْأَخْضَرُ وَيُهْلِكُ الْأَحْمَرُ وَالْأَزْرَقِ.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الضوء ص ١٩٠
- الطيف الكهرومغناطيسي ص ١٩٢
- مصادر الضوء ص ١٩٣
- تأثيرات خاصة ص ٢٦٩



# طَرَحُ الْأَلْوَانِ



## الاضطباع القلبي

يحوي جلد الحرياء خلايا صبغية تتغير حجمًا وشكلًا ليتكيف الحيوان مع ألوان الخلفية التي تحيط به. وهذه الوسيلة، فإن الحرياء مُحَكِّمَة النَمُو حين يتهددها الخطر. وقد طُوِّرت أسماك الشنّنج «لغة نفاهم» عمادها أنماط من التغيرات اللونية تتفوّج غير أجسادها.



ماجنّتا (أحمر شَرَق)

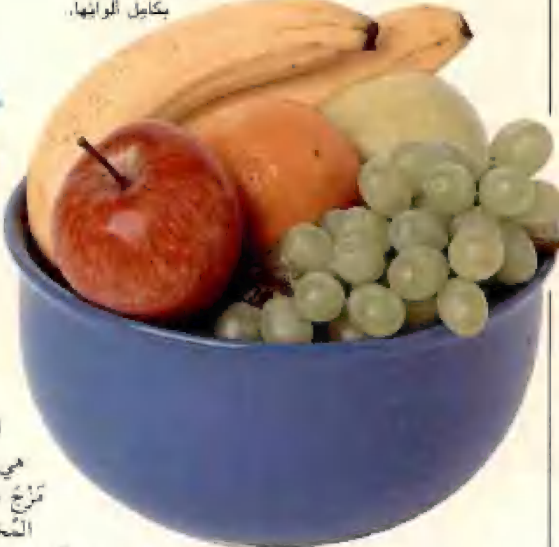
أصفر

تُلقَّب ألوان الصورة وأحيانًا فوق الآخر للحصول على الصورة بكامل ألوانها.



يُعالج اللون الأسود مُفصَّلًا كي يُظهِر النصل والخطوط الكفافية واضحة المعالم.

سَيَان (أزرق داكن)



## الطباعة الرباعية الألوان

تُستخدَم جميع الطُور الفوتوغرافية والرُسوم الإيضاحية المُلوّنة من أربعة حُبُر مُلوّنة فقط، هي: الماجنّتا والسَيَان والأصفر والأسود. إنَّ مَزَج هذه الألوان بنسب مُختلفة يُنتِج جميع الألوان المُختلفة التي يُمكننا رؤيتها. فعندما يُخَصَّر كتاب أو مُجَلَّة للطباعة، تُسَخَّ الطُور المُلوّنة لِتُفَرِّز الألوان الأربعة هذه فُوتوغرافيًا. وتُستخدَم الأفلام مُستَقِلَّة لتُحضِر صفيحةً طباعيةً لِكُلِّ لَوْن.

يُفتش الأصفر الضوء الأزرق ويعكس غُزِيًّا من الأحمر والأخضر.

يُفتش الماجنّتا الضوء الأخضر، ويعكس غُزِيًّا من الأحمر والأزرق.

يُفتش السَيَان الضوء الأحمر، ويعكس غُزِيًّا من الأزرق والأخضر.

## مَزَج الدّهانات

مَزَج الألوان في الدّهانات يَعمَلُ بِالقُرَح اللونية. فحُبُور الماجنّتا والسَيَان والأصفر يُنتِجُ كُلَّ وَاجِدٍ منها لَوْنًا أَوَّلِيًّا واحدًا فقط من الضوء الأبيض. فبمَزَج أيّ لَوْنَيْنِ من هذه الألوان الثلاثة يُنتِجُ دهانًا ناصعًا أَوَّلِيًّا اللون. أمّا مَزَج الألوان الثلاثة معًا فيُنتِجُ اللون الأسود.



في ضوء النهار،

يعكس

زُوج الأحذية

القماش الأحمر

الضوء الأحمر فقط

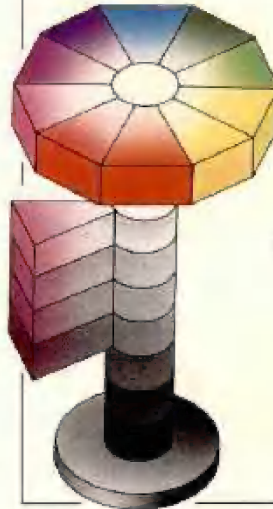
ويُفتش جميع الألوان الأخرى.

في الضوء

الأزرق، يمشش القماش الأزرق، فيبدو هذا أسود.

## زُوج أحذية أحمر أو أسود؟

زُوج الأحذية القماشي الأحمر، أعلاه، يبدو أحمر في ضوء النهار، أو عندما يُضاء بالضوء الأحمر لأنه يعكس الضوء الأحمر فقط، ويُفتش جميع الألوان الأخرى. أمّا عند إضاءته بالضوء الأزرق فإنه يبدو أسود، لأنَّ غُضْبَة الأحمر يمتصُّ كُلَّ الضوء الأزرق؛ وليس من ضوء أحمر ليُعكس.



## شَجَرَةُ «مَنْصِل» اللَّوْنِيَّةِ

إذا سَبَقَ لك وحاولت مُصَاهَاة لَوْنٍ يَدِقُّ نَاصِيَةً فلعلَّكَ خَبِرْتَ الضُّعُوبَةَ البَالِغَةَ في ذلك. فالعينُ البشريَّةُ حَسَّاسَةٌ بِكُلِّ بِفوق التَّصَوُّرِ لِلْفَوَارِقِ اللَّوْنِيَّةِ الطَّيْفِيَّةِ جَدًّا حتَّى تَستطِيعَ تَميزَ قُرَابَةِ عَشْرَةِ مَلايين لَوْنِيَّةٍ مُتَبَايِنَةٍ الدَّرَجَةِ. إنَّ شَجَرَةَ مَنْصِلِ اللَّوْنِيَّةِ هي نِظَامٌ لِتَصنيفِ الْأَلْوَانِ؛ بِحَيْثُ تُقَاسُ النُّقْطَةُ (اللَوْنُ الْأَسَاسِي) وَالتَّلَوْنِيَّةُ (التَّشْبُعُ اللَّوْنِي) وَالجَلَاءُ (إشراق اللون أو قَوامُهُ). ثُمَّ يُوَضَّعُ كُلُّ لَوْنٍ في مَوقِعِهِ على الشَّجَرَةِ. فُتَشَبَّاهُ النُّقْطَةُ من مَوقِعِهَا على مُحِيطِ الشَّجَرَةِ، وَالتَّشْبُعُ اللَّوْنِي من بُعْدِهِ عن الجَذْعِ، وَالجَلَاءُ من مَوقِعِهِ على الجَذْعِ.

## لِزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انظُرْ

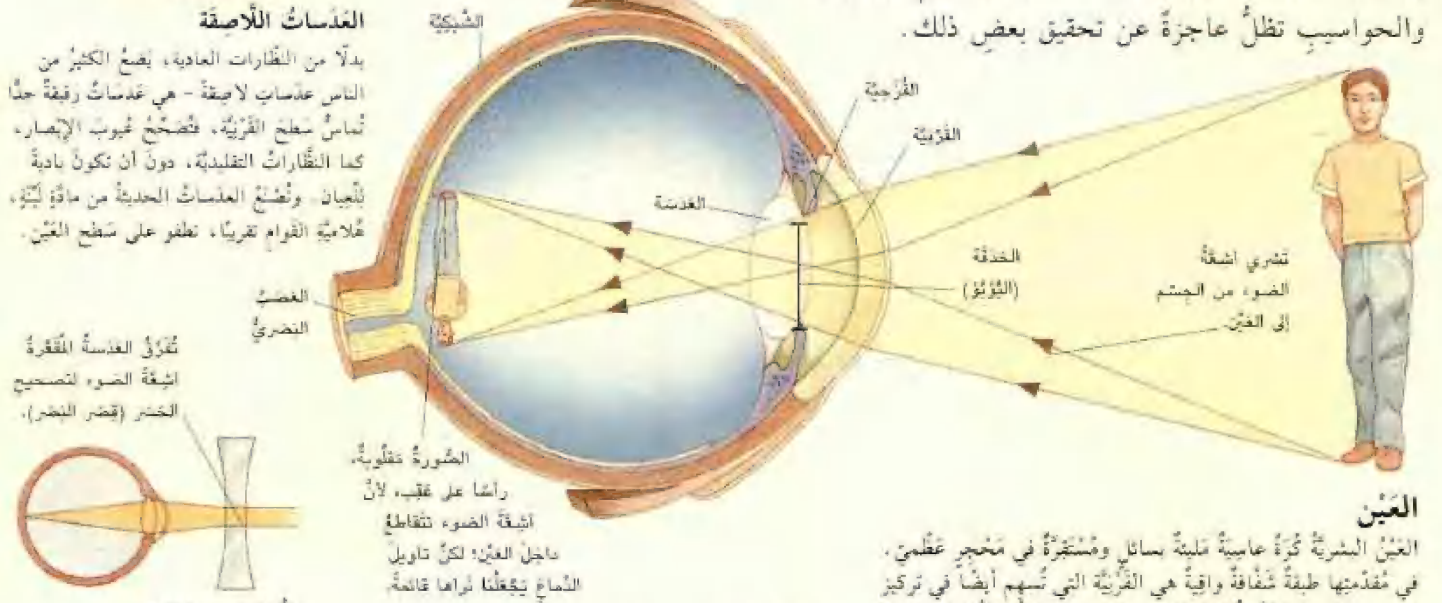
- الأصباغ والمُطَبِّع ص ١٠٢
- الطِّبَّتُ الكَهرمَغنطيسي ص ١٩٢
- الإنيكاس ص ١٩٤
- الألوان ص ٢٠٢



## الإبصار



الطريقة التي تعمل بها العينان والدماغ لإنتاج الصور فائقة الدقة والتعقيد. فالضوء الذي تستقبله شبكية العين، بعد انكساره المكثف، تُحوّله خلاياها الحساسة للضوء إلى طاقة كيميائية؛ وهذه الطاقة تُفعل الأعصاب لتُنقل هذه الرسالة الكهروعضوية إلى الدماغ الذي يحللها ويحسبها ويصدر آلياً التعليمات المناسبة لمواجهةها. وهذا ما تتمثله في لاعب التنس أو البيسبول الذي يَرُقُب بعينه الطابة الصغيرة متطلقة نحوه بسرعة تُقارب ١٦٠ كم/سا، فيقدّر دماغه المدى والموقع الذي تُردُّ منه الطابة، والحركة والاتجاه والشدة اللازمة لتحقيق ذلك. إن أدق وأصحّ الروبوبات والحواسيب تظل عاجزة عن تحقيق بعض ذلك.



### العين

العين البشرية كرة عابية مليئة بسائل ومستقرة في محجر عظمي. في مقدمتها طبقة شفافة واقية هي القرنية التي تسهم أيضاً في تركيز الضوء. الجزء الملون الظاهر من العين، هو القرنية التي تضبط كمية الضوء الداخلة عبر حديقها (البؤبؤ)، فتضيقها في الضوء الساطع وتوسعها في الضوء الخافت. يُنقل الضوء إلى العدسة وتركّزه على الشبكية، التي تحوي طبقة من الخلايا الحساسة للضوء. هذه الخلايا ترسل، عن طريق العصب البصري، إشارات إلى المخ حيث تُؤوّل إلى معلومات تولّد عالمنا المنظور.



رُفعة الشطرنج - كما تراها العين اليسرى

### الخدع البصرية

كثير من المعلومات التي نستلجها من صور الأشياء تبني على معرفتنا المسبقة بما يجب أن تكونه. فمثلاً نُقدّر المسافة بيننا وبين جسم ما لأننا نعرف حجمه الطبيعي ونعرف كم سيبدو حجمه على بُعد معين. لكننا قد نكون مخدوعين! فالأخدوة البصرية قد تُضلّلنا فيما يتعلق بالحجم النسبي للجسم، بوضعه في غير موقعه المتوقع. فالكرتان الميّتان هما تيدوان متساويتي الحجم، لكن الكرة الخلفية هي كرة قدم والامامية هي كرة جولف.



الكرتان تُبغض إحداهما عن الأخرى بخلاف ٣,٧ متر

### الإبصار المتجسم

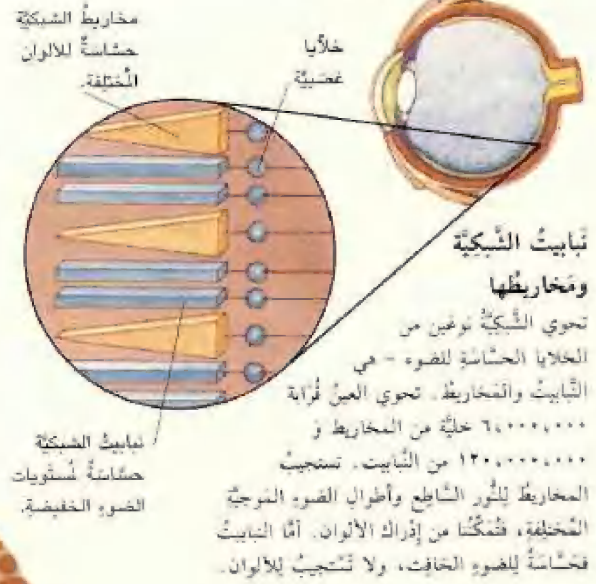
الإبصار بعينين أثبتت مساعدتنا في تقدير مواقع الأحسام وإعيها بدقة. فإذا نظرت إلى إصبعك، بعين واحدة أولاً ثم بالعين الأخرى تجد أن إصبعك قد تحرك من موقعه. وهذه الحركة ترمّز أكثر فأكثر كلما قرّبت إصبعك إلى عينيك. والدماغ هو الذي يوحّد متطور العينين اليمنى واليسرى في صورة واحدة مُحسّنة (ثلاثية الأبعاد).



رُفعة الشطرنج - كما تراها العين اليمنى



تحوي الشبكية طبقة من الخلايا الحساسة للضوء تُسمى تباييث الشبكية ومخاريطها.



في ضوء الشمس الساطع نعمل تباييث الشبكية ومخاريطها بكامل فعاليتها، وتكون الفروق اللونية واضحة.



### ليلاً ونهاراً

يبدو لنا الفروق اللونية واضحة في ضوء الشمس الساطع لأن خلايا مخاريط الشبكية وتباييثها مُنشطة بالكامل. أما في ضوء القمر، فتُستثار التباييث فقط وتبدو الفروق اللونية أقل وضوحاً بكثير.

في ضوء القمر تُستثار التباييث فقط، فلا نستطيع إدراك الألوان.



سلسلة من النقاط الخضراء

نقطة صفراء

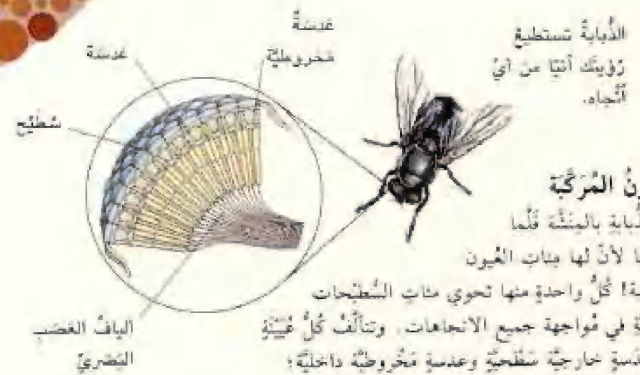
نقطة خضراء

خطوط دليلية تظهر بالضوء فوق البندول.



### كم لونا يُمكنك رؤيته؟

إذا كان إحصارك للألوان سهلاً، يُمكنك رؤية سلسلة النقاط الخضراء المُختلطة في هذه الشبكية من النقاط الحمراء والصفراء. إن حوالي واحدًا من ١٥ من الذكور لا يستطيع إحصار هذا النمط لأنه اعتمد على الأحمر والأخضر. والناس ذوو مثل هذا العمى لا يتحسسون الفرق بين الأحمر والأخضر - كما يُدركه ذوو الإحصار السوي. أما نسبة ذوي هذا العمى من الإناث فضئيلة - إذ لا تتعدى نسبة من يجذون صعوبة في تمييز النمط الظاهر في هذه الشبكة الواحدة في الألف.



### العيون المركبة

لدى الدبابه بالمتة قلما يُصيها لأن لها مئات العيون المركبة! كل واحدة منها تحوي مئات الشبكات العصبية في مواجهة جميع الانحنيات. وتتألف كل عينة من عدسة خارجية وعدسة مخروطية داخلية؛ وتعمل هاتان العدستان على تركيز الضوء وتوجيهه نحو العصب البصري والدماغ.

### الرأى الحشري

عيون الحشرات حساسة لشم من الطيف الكهرومغناطيسي غير التقسيم الذي نراه نحن الإنسان. فالحشرات تُبصر الضوء فوق البنفسجي الذي لا يستطيع عين الإنسان تمييزه. بعض الأزهار طوّرت مع الزمن خطاً تروى فقط في الضوء فوق البنفسجي، وهذه تتكلم خطوطاً دليلية تُوجه النحل نحو الرحيق والمُغاح (غبار القلع).

### العين البسيطة

جهاز البصر في الحمارية يتكوّن من صفت من العيون البسيطة الأشبه بالكاميرات ذات القبة، لكنها حساسة للضوء. بهذا الجهاز تستطيع الحمارية اكتشاف حركة الحيوانات الضاربة فتُقلل مصراعها بسرعة حتى زوال الخطر.



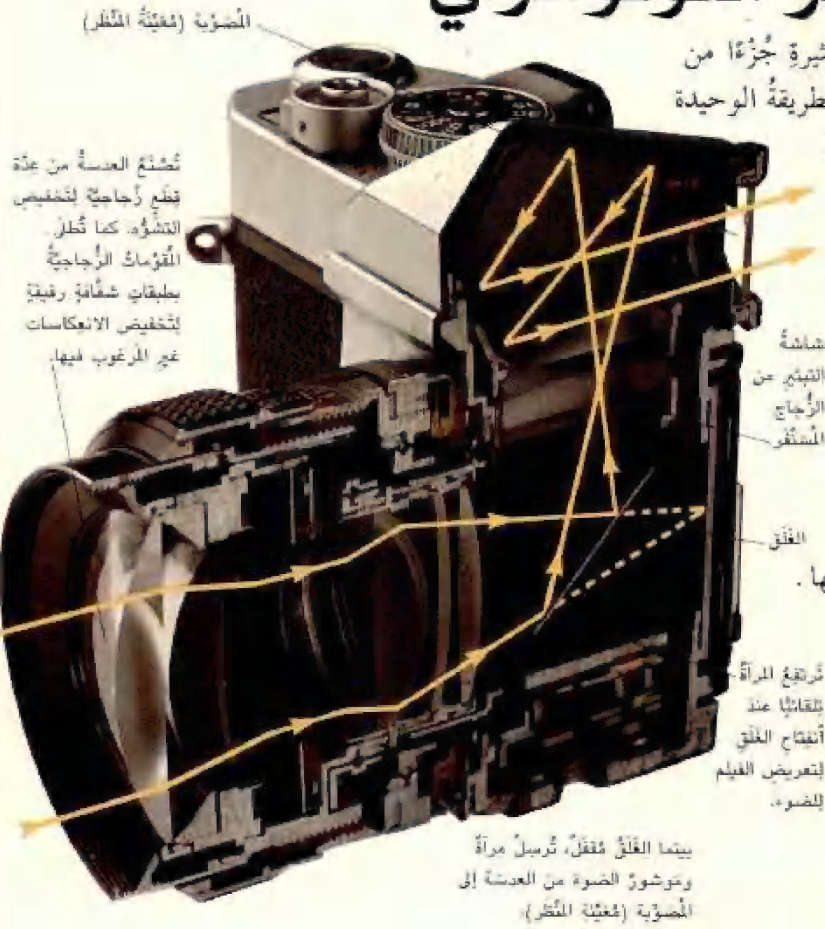
### لمزيد من المعلومات انظر

- القليق الكهرومغناطيسي ص ١٩٢
- العدسات ص ١٩٧
- الأنان ص ٢٠٢
- التصوير الفوتوغرافي ص ٢٠٦
- الخواص ص ٣٥٨



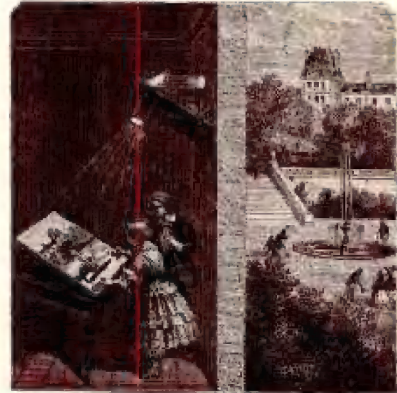
# التصوير الفوتوغرافي

تُشكّل صُورُ الأخبارِ والرحلات والدعابات والأزياء المُشرقة جزءًا من حياتنا اليومية، حتى صارت شيئًا عاديًا مألوفًا. وكانت الطريقة الوحيدة لتسجيل المشاهد، حتى القرن التاسع عشر، هي رسمها بأقلام الفحم والجبر والشمع أو تصويرها بالدهانات الملونة. وفي عام ١٧٢٧، اكتشف الطبيب الألماني، جوهان شولتز، أن نترات الفضة يَتَمُّ لونها عند تعريضها للضوء. لكن لم يتم تحضير أول صورة فوتوغرافية إلا حين نجح الفرنسي، جوزيف نيس، في تسجيل أول صورة كيميائية. وقد ظهرت الصور الفوتوغرافية الأولى بظلال رمادية فضية خافتة، ولم تكن تُرى إلا من زوايا معينة فقط. لكن كسائر الاكتشافات العلمية الأخرى، ظلّ العمل جارياً من قبل الكثيرين على تحسينها. وبالإمكان اليوم رسم صور فوتوغرافية إلكترونية على أسطوانات حاسوبية باستخدام كاميرا الفيديو الساكنة. فحقّق «التصوير الضوئي» بذلك خطوات مهمة.



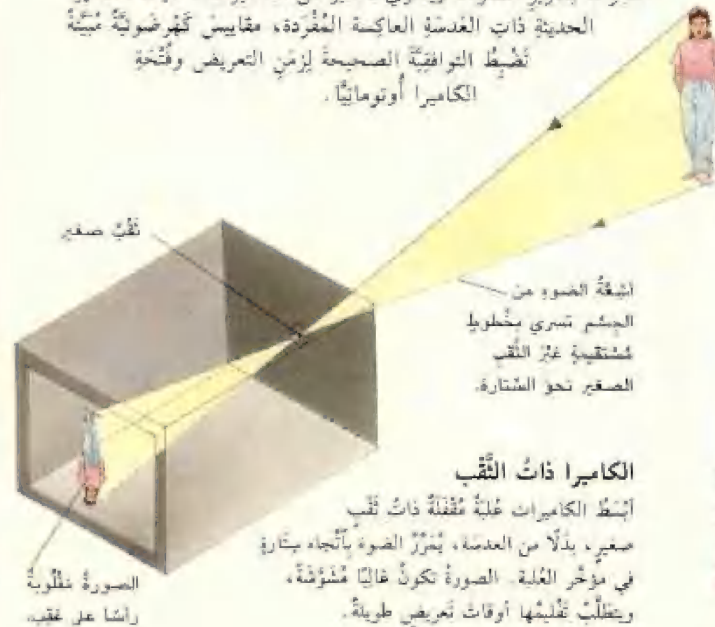
## القمرّة المظلمة

صُنعت الكاميرات الأولى على أنسج القمرّة (الحجرة) المظلمة. وكانت هذه تتألف من حجرة مظلمة تُعرض فيها صور المناظر الطبيعية المحيطة مُستقاة من خلال عدسة. وُزِعَ كوتها وسيلة تشيّل ناجحة في زمانها، لأنه لم يكن بالإمكان تسجيل صورها.



## الكاميرا

تعمل جميع الكاميرات بتركيز الكمية الملائمة من الضوء على فيلم فوتوغرافي لتكوين الصورة. ويمكن تغيير هذه الكمية بتعديل الفتحة - وهي الثقب الذي يمرّ الضوء من خلاله، وب تغيير زمن التعريض - وهو المدة التي يبقى الغلّ خلالها مفتوحاً لتسليم الضوء. ويحتوي الكثير من الكاميرات، كهل هذه الكاميرا الحديثة ذات العدسة العاكسة المُفردة، مقاييس كهروضوئية معينة تُضبط التوافقية الصحيحة لزمن التعريض وقتها الكاميرا أوتوماتياً.



## شكل وحجم الأفلام

كانت الصور الفوتوغرافية الأولى تُسجّل على صفائح معدنية أو زجاجية. أما الأفلام الحديثة اللدائية المترّة فهي أكثر تنوعاً وأدقّ ثباتاً وتُصنع بتقاسات وسرعات واسعة المدى لإلزام الأغراض المختلفة. إن سرعة الفيلم هي مقياس لكمية الضوء التي يجب أن تسقط عليه للتعريض الصحيح. فالأفلام السريعة يلزمها زمن تعريض قصير، بينما يكفل عدم تطيب الصورة مع اهتزاز الكاميرا. أما الأفلام الأبطأ فتسجّل تفاصيل أكثر لأنها بهذا التعريض تُكوّن خيالات فضية أدق.

### يستخدم مشوّر

الستوديوهات صفائح

فيلمية كبيرة القطعة

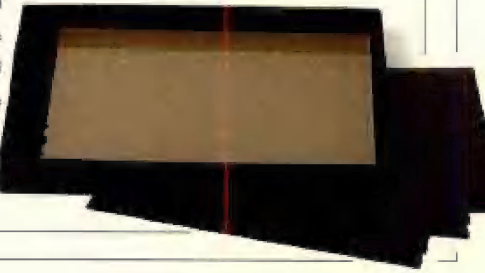
لتسجيل مشور

واضحة المعالم جدًا

الأفلام الملفوفة بغرض

٢٥ ملم هي أكثر

الأحجام الفيلم شيوغا





## معالم في تاريخ التصوير الفوتوغرافي

- ١٨٢٢ جوزيف نيس بلنيت أول صورة فوتوغرافية
- ١٨٣٩ لويس داجير بلنيت أول صورة فوتوغرافية لشخص
- ١٨٤١ ولیم فوگس تالوت اخترع طريقة التصوير سلبية داجل الكاميرا تُطبع منها صور موجبة لاحقاً
- ١٨٦١ جيس تلاك ماثيول بلنيت أول صورة فوتوغرافية ملونة
- ١٨٨٨ جورج إيشمان بوشل شركة كوداك لتسويق الأفلام الملقوة بالبرقية والكاميرات السندوية الرخيصة الثمن
- ١٩٤٨ إيفلين لاند ينشئ كاميرا البولارويد للتصوير الفوري



## حجرة مظلمة

فيلم التصوير يتطلب كيمائيات حساسة للضوء؛ لذا يجب تطهير الفيلم وطعنه في حجرة مظلمة. تنطوي طريقة إنتاج صورة فوتوغرافية بالأبيض والأسود على مرحلتين - وفي كل مرحلة عدّة خطوات. عند تطهير فيلم الصور المطبوعة نحصل أولاً على صورة سلبية. ثمّ نحول هذه إلى صورة موجبة بطبعها على ورقة فوتوغرافية.

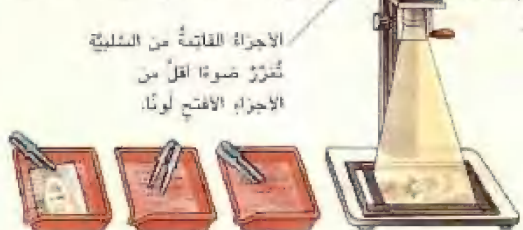
## التطهير



في الحجرة المظلمة يُخرج الفيلم المُعرّض من علته ويُلف على بكره؛ ثمّ يُغسل في معطس يحوي كيمائيات تنظف الصورة. بعد ذلك يُسحق الفيلم بالماء وتُضاف إليه كيمائيات أخرى تُثبت الصورة.

## التكبير والقطع

يُمكن قطع السلبية بعد تطهيرها بالماء وتثبيتها. فتوضع في جهاز التكبير، ثمّ يُسلط عليها نور ساطع، فتكوّن عدسة الجهاز لها صورة مكبرة على ورقة حساسة للضوء. بعد ذلك تُظهر الطبعة المكبرة ويحري تثبيتها بالطريقة نفسها كما الفيلم.



الأجزاء القائمة من السلبية تُحوّل ضوءاً أقل من الأجزاء المفتوحة لونها.



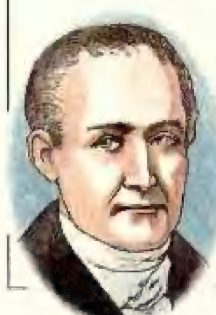
## معالجة الألوان

الأفلام الملونة تعمل بطريقة مماثلة لأفلام الأسود والأبيض، لكنّ تُغلي الفيلم الملون ثلاث طبقات، كل طبقة حساسة للون واحد من الضوء - الأزرق أو الأخضر أو الأحمر. عند معالجة الفيلم، تُضاف إلى طبقاته أصباغ الأصفر والمagenta والسيان، فتنتج الصورة بكامل ألوانها.



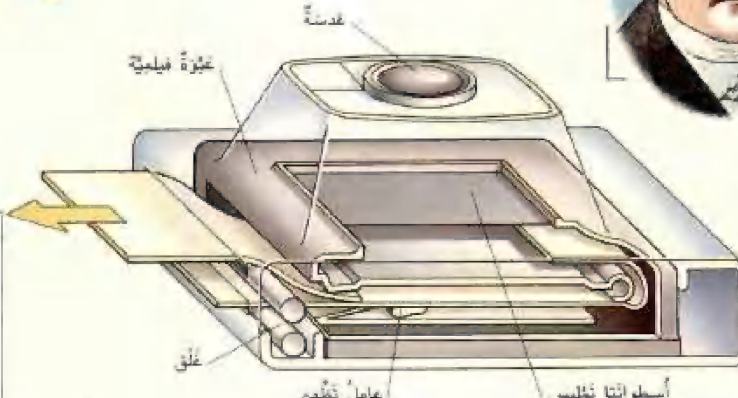
## جوزيف نيس

حقّق جوزيف نيس (١٧٥٦-١٨٣٣) أول صورة فوتوغرافية حين ركّز المنظر، الذي يُعطل عليه نافذته، على صحيفة من البيوتر مطبوعة بالمغاري الحساس للضوء، وتركها تتصلّب لمدة ثماني ساعات. غير أنّ شريكه لويس داجير (١٧٨٧-١٨٥١) طوّر فيما بعد طريقة أكثر حساسية (نمط داجير) تتم في أقل من دقيقة تعريض.



## فيلم البولارويد

يُنتج فيلم البولارويد صوراً فورية. فعندما يُسحب الفيلم المُعرّض للضوء من علته القلمية، تضغط أسطوانتا التلميس كيمائيات على سطحه تُظهر الصورة في حوالي دقيقة. ويحوي الفيلم ذاته سبع طبقات مُتصلة، منها ثلاث حساسة للضوء. وخلال التطهير تتشرب أصباغ السيان والأصفر والمagenta غير الصورة.



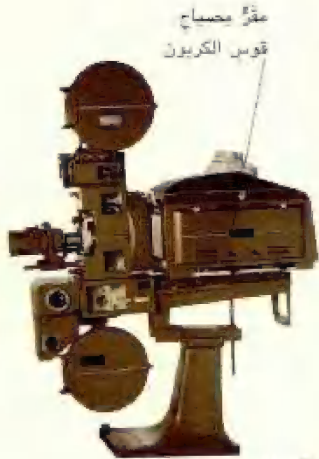
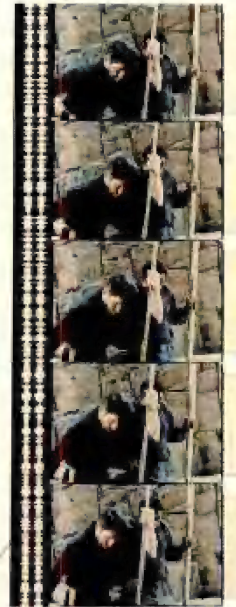
## لمزيد من المعلومات انظر

- الملتات الانتقالية ص ٣٦
- الهالوجينات ص ٤٦
- الفدسات ص ١٩٧
- الألوان ص ٢٠٢
- الإبصار ص ٢٠٤
- حقائق ومعلومات ص ٤١٢



# السينما

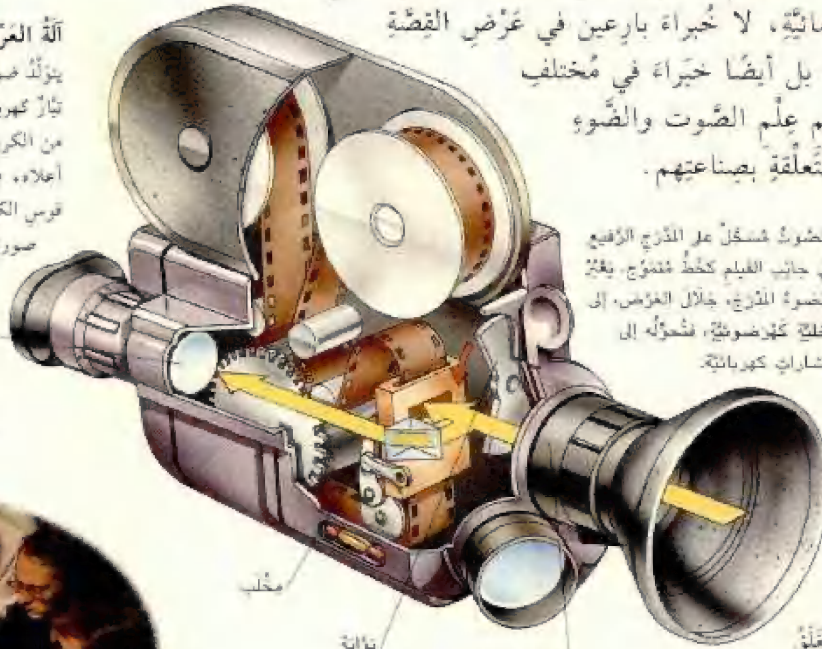
كانت بذعة تسجيل الصور على أفلام حداثاً كثيراً جعل الناس يتطلعون بتوق إلى تقصي سبل لتسجيل صور متحركة. وكان توماس أديسون أول من حقق ذلك عام ١٨٩٣، في أفلام لا تزيد مدتها على ١٥ ثانية، ولا تمكن مشاهدتها لأكثر من شخص واحد في وقت واحد، بواسطة مكنة تدعى الكينيتوسكوب أي يكشف الحركة. وفي العام ١٨٩٥ تمكن الأخوان الفرنسيان أوغست ولويس لومير من عرض صور متحركة على سيطرة لأول مرة أمام نظارة. وكانت الأفلام الأولى رقافة صائتة وبالوان الأبيض والأسود. ولم تظهر أفلام هوليوود الناطقة إلا عام ١٩٢٧. وفي الثلاثينيات دخلت الأفلام الملونة عالم السينما. واليوم أصبح خبراء الصناعة السينمائية، لا خبراء بارعين في عرض القصة فقط، بل أيضاً خبراء في مختلف مفاهيم علم الصوت والضوء المتعلقة بصناعتهم.



## آلة العرض السينمائي

يتولد ضوء أيضاً بالغ الشدة عندما يشري تيار كهربائي غير فجوة صغيرة بين قضيبين من الكربون. في آلة العرض السينمائي، أعلاء طراز الخمسينيات. يتج بصاح قوس الكربون ما يكفي من الضوء لإسقاط صورة ساطعة على شاشة كبيرة.

يتعكس الضوء على الغليز المفل ثم يتحرك بواسطة الموشور نحو المصوية بحيث يستطيع المصور مشاهدة الصورة.



الضوء شغل على الدراج الرفيع في جانب الفيلم كخط متعرج. يغزى الضوء الدراج، خلال العرض، إلى خليج كهروضوئية، فتحوّله إلى إشارات كهربائية.

## الفيلم السينمائي

الفيلم السينمائي هو في الحقيقة سلسلة من الصور الثابتة تُلتقط واحدتها تلو الأخرى بسرعة. فالكاميرا السينمائية الحديثة تأخذ ٢٤ إطاراً (صورة) في الثانية. وعند عرض هذه الصور متتابعة بالمعدّل تعب على الشاشة يراها المشاهد متحركة - إذ تظل العين متحفة بالصورة حتى بعد مرورها.

## الكاميرا السينمائية

في الكاميرا السينمائية الثقيلة، يدور الغليز - قشماً وغليزاً بالتناوب ٢٤ مرة في الثانية، عارضاً آخر الفيلم كل إطار بدوره. فعندما يكون الغليز متقللاً، يتشكك المخلب بالشقوب في جانب الفيلم ويسحب الإطار التالي نحو البؤابة ليتم تعريضه. إن حركة المخلب والفيلم الشجعية هي التي تسبب الضجيج الأزار الذي نسمعه كلما شغلت الكاميرا السينمائية أو آلة العرض.



## تحرير الأفلام

يُلتقط في تصوير الأفلام السينمائية الحرة لمدى من الدقائق أكثر مما يُستخدم في السحبة الأخيرة السحبة للعرض - كما إن مشاهد الفيلم لا تُلتقط تسلسلاً. ومهمة رئيس التحرير أن يجمع الصور المتقطعة ثم يوزعها معاً بالترتيب الصحيح بحيث يزوي الفيلم القصة. ويتطوي ذلك قطعاً على قص الأبطال المختارة من الفيلم ولزقتها معاً.

كانت الروتروب من الأسى البصرية الشائعة في القرون التسامع عشر.

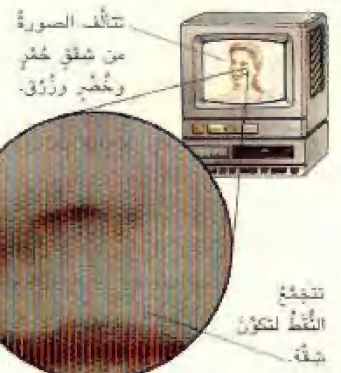


الروتروب (أسطوانة الأشكال المتحركة) كانت دمية

الروتروب تألف من أسطوانة مشقة بداخلها خف من الصور. تظهر كل واحدة منها تجرد من الثانية غير شق من الشقوب كلما دُوربت الأسطوانة. فإذا دُوربت الأسطوانة بسرعة كافية فإن الصور تتداخل بعضها مع بعض فيبدو كأنها تتحرك.

## التلفزيون والفيديو

تتكون الحركة على سيطرة التلفزيون أو الفيديو بطريقة مماثلة لتكوينها على الفيلم السينمائي. إن معظم أجهزة التلفزيون تعرض صورة كاملة ٢٥ مرة في الثانية. وإذا تخفضت الصورة على شاشة التلفزيون بعدسة مكبرة يمكنك مشاهدة النقاط الحمراء والخضراء والزرقاء التي تألفت منها.



تألف الصورة من شقي خشن وخفيف ودقيق.

تتجمع النقط لتتكون شقة.

## لزيد من المعلومات انظر

- التلفزيون ص ١٦٦
- تسجيل الصوت ص ١٨٨
- الضوء ص ١٩٠
- التصوير الفوتوغرافي ص ٢٠٦



# الأرض

الأرض ثالث الكواكب المعروفة في المجموعة الشمسية من حيث البُعد عن الشمس، وخامسها من حيث الحجم، والوحيد من حيث تواجد الحياة. تبدو الأرض للناظر من علّ ككتلة من اليابسة والبحر والهواء؛ كلّها عرضة للتغيّر تبعاً للحركات داخل الأرض والطاقة المُبتدعة من الشمس. الدراسات الأرضية (الجيولوجية) مُستمرة والعلماء يُحقّقون باستمرار اكتشافات جديدة. وقد تفرّع علم الأرض (الجيولوجية) في القرن العشرين من وصف ودراسة الصخور إلى دراسة مُختلف العلوم المُتعلّقة بتركيبها ومظاهرها وتاريخها وتطوّرها فيما يُسمّى «علوم الأرض». ويتّصوّر في هذه العلوم بعض من الثّقانات الحديثة والكيمياء والفيزياء والبيولوجية والعلوم التطبيقية المختلفة؛ وهي بمجموعها تُسهم في زيادة معرفتنا عن الكوكب الذي نعيش فيه.

بالدراسة المُتعمّقة للمعادن، تتكلّف لنا كيمياء الأرض والموادّ المختلفة التي تُنتجها العمليات الجيولوجية. وهذه الدراسات تُعرّف بالعِناية أو علم المعادن.

تُكوّن المعادن المختلفة الأنواع صخّوراً خفيفة. وتُستخدم صخّور مختلفة في تشييد المباني وزخرف الطرق، أو كموادّ أوليّة في صناعة الكيماويات. وعلم الصخور هو واحد من علوم الأرض.

تُشادّ ناطحات السحاب من الحجارة الصخرية مُدققة ببياكل من الفولاذ المُستخرج من خامات الحديد؛ ويُصنّع زجاج نوافذها من الرّمْل؛ وتُستخدم البُلمب لتشغيل مكثّات البثّاتين، الجيولوجية الاقتصادية تُستخدم المبادئ الجيولوجية لاكتشاف الموادّ ذات الجدوى العليّة.

## علم الأرض

علم الأرض يشمل دراسة الدوّات والجزيئات في الكيمياء الجيولوجية كما دراسة المجزّات في علم الكويّات. لقد تجمّع لدينا في هذه المجالات كمّ هائل من المعلومات عن الأرض، أسهم فيه الجغرافيون والجيولوجيون وعلماء المحيطات والمُناخيون والفلكيون وغيرهم. ويقوم العلماء المُختصّون تدريجيّاً بدراسة هذه الحقائق الجديدة وإيجاد العلائق السببية بينها لتكوين صورة واضحة عن بنية الأرض وتطوّرها عبر العصور.

يتّبعي دراسة بنية الصخور للناش من احتماليّتها قبل إرساء أساس المباني عليها، وقبل خُطر الانفاق غير الجبال التي تُكوّنها. وتعالج الجيولوجية البنيوية طبيعة تحركات الصخور وتغيّر أشكالها.

يعتمد موقع المزرعة أو المدينة على جغرافية المنطقة وطبيعة الأرض فيها. ويُعالج علم شكل الأرض (الجيومورفولوجية) دراسة شكل الأرض وتضاريسها الطبيعية الناتجة عن نوعيّة الصخور وبنيتها.

خارطة العالم هذه  
تُورّخة ١٤٩٨، في  
أنتورب (بلجيكا).

يُمكننا المُقارنة بين جيولوجية كوكبنا وبين جيولوجية جاراته الأقرب، والمُقارنة بين الدّاجل التاريخيّة التي عُرّث بها. ونجاء هذه الدّراسة هو علم الكواكب.

## أفكار قديمة حول الأرض

كان بعض الهندوس، منذ حوالي ١٥٠٠ سنة، يعتقدون أنّ الأرض مُحمولة فوق أربعة فيلّة واقفة على ظهر لُجاء عملاقة. إنّ خرافات كهذه، عن كيفيّة نشأة الأرض، هي جزء من التقاليد والأفكار العلميّة القديمة في كلّ الحضارات. ومع تقدّم العلم والثّقانات، تقدّمت مفاهيمنا عن الأرض وكيفيّة نشأتها. والأبحاث والتحليل الجارية والمُستمرة تُعرّضنا أكثر فأكثر نحو فهم طبيعة كوكبنا وكلّ ما يحتويه.

### الخرائط القديمة

في القرنين الخامس عشر والسادس عشر تُبقيت الاكتشافات. فأُلغى التّجارة من أوروبا في اتّجاهات مُتعدّدة لاكتشاف بلاد جديدة، أو لتوسيع إمبراطورياتهم التجاريّة، أو للإبحار حول الكرة الأرضيّة. وكان ما شاهدوه في رحلاتهم، وما جتنّوه من نماذج وعيّنات، وما عاقدوه به من أخبار وروايات أساساً لِمُختلف المفاهيم القديمة عن الأرض.



# تكوُّن الأرض

النظرية المتجانسة هي أولى النظريتين حول كيفية تكوُّن الأرض.

النظام الشمسي بدأ كاسطوانة ممدومة من الغاز والغبار.

يقال الجاذبية، تجذبت جسيمات من جميع الأحجام بعضها مع بعض في كرات أث في النهاية إلى كواكب.

منذ حوالي ٥٠٠٠ مليون سنة، لم تكن الأرض سوى سحابة من الغاز والغبار تدوم في الفضاء؛ كجزء صغير من سحابة هائلة أكبر منها بكثير. ثم تكثفت معظم مواد تلك السحابة الضخمة وتراكمت في الوسط لتكوّن الشمس. وبدأت حلقات من المواد، عبر باقي السحابة، تتجمع معاً لتكوّن الكواكب؛ وكان كوكب الأرض أحدها. والأرض، ككل الكواكب، ذات بنية طبقية - موادها الأخف في الطبقات الخارجية والمواد الأثقل في اللب. وستبان حركة تدويم السحابة الأصلية بحليتها من نمط تحريك الأرض حالياً.

النظرية الثانية حول تكوُّن الأرض هي النظرية المتغايرة.

النظام الشمسي بدأ كاسطوانة ممدومة من الغاز والغبار.

جسيمات الحديد والنيكل الثقيلة غاصت نحو المركز وظلت الجسيمات الأخف في الطبقات الخارجية.

تجاذبت جسيمات الحديد والنيكل الأثقل بعضها مع بعض بفعل الجاذبية لتكوّن اللب الثقيل في الكواكب. ونتيجة لتكثف الكواكب الضخمة أضحت لها قوة جاذبية قوية.

الجسيمات الأخف (كالكالسيوم، مثلاً) التجذبت إلى خارج اللب الثقيل للكواكب؛ فيما تجذبت الغازات الخفيفة جداً لتكوّن جو الكواكب.

يتكوّن الدرع القاري المسطح، المسطح سيف القارة، يتخلل عطاء من الراسبات التي لم تغمرها اضطرابات.

## القشرة القارية

تتكوّن جبال جديدة بتغلغل القارة تحت ضغط القشرة المحيطية.

سلسلة جبال تتكوّن من تصادم قاروتين.

الجبال القديمة، كجبال الأورال في كندا، تتكوّن أصلاً عند حافة القارة.

القشرة المحيطية المنخفضة الصاعدة عبر القارة تحرك البراكين.

## القشرة القارية

طبقة الأرض الخارجية، التي تشكل الكتل اليابسة، تُسمى (القشرة القارية). وتتكوّن في معظمها من صخور قديمة إضافة إلى مواد جديدة تكثفت كتلال من جليّة حول الحواف. وستبان التاريخ المعقد لكل قارة من بينها الشقوق المتكسرة. تتألف القشرة القارية بصورة رئيسية من السيلكا والألمنيوم (السيل).

تتخذ الصهارة الصخرية شكل طبقة صخرية كثيفة.

القشرة المحيطية الأقدم والأخف هي الأثقل عن الحبيد المحيطية.

## القشرة المحيطية

حيث تحيط محيطي

البراكين عند الحبيد المحيطية تدفع الصهارة الصخرية إلى أعلى.

التضاريس في حافة هذه القشرة تبيّن مواقع انفصالها عن قارة أخرى.

الطبقة المسطحة من القشرة القارية تتكوّن من مشحور قديم شقوقية وشقوقية أصبحت غلساء بفعل الحد.

## القشرة المحيطية

طبقة الأرض الخارجية في قاع المحيطات تُسمى القشرة المحيطية، وهي دائمة التكوّن بفعل البراكين التي تدفع الصهارة الصخرية إلى أعلى عند الحبيد المحيطية. وتذكر القشرة الغنية تنهاية سقلا في الأحاديث المحيطية. تتألف القشرة المحيطية بصورة رئيسية من السيلكا والألمنيوم (السيل).



## الأرض



## الأرض تدويم وتدور

قد يترأى لك أن الأرض ساكنة، لكننا في الواقع تدويم بأمستمرار حول محورها (المعايير مع خط الاستواء) مرة في اليوم، وهي في الوقت نفسه تدور حول الشمس مُتِمِّمة الدورة الكاملة في سنة. تدويم الأرض حول محورها يسبب تعاقب الليل والنهار - فعندما يواجه جزء الأرض، الذي أنت فيه، الشمس يكون نهاراً، وحين يُدَارُّها يكون ليل. كذلك فإن دوران الأرض حول الشمس (مائلة المحور على قلك البروج) يسبب تعاقب الفصول.

## البطل المتفجع

الأرض ليست كروية الشكل تماماً، بل هي متفجئة قليلاً في الوسط. فيقول التدويم تتحرك المناطق عند خط الاستواء بسرعة أكبر من مناطق القطبين. وكلما ازدادت سرعة الدوران، تزداد القوة النابذة التي تدفع بالمواد بعيداً عن مركز الدوران. (وهذا ما يحدث عندما تدويم فتاة حول نفسها فتشعر جدرانها تتحرك نحو الخارج). أي إن الأرض تدفع نحو الخارج أكثر حول وسطها.

قطر الأرض الأفقي عبر خط الاستواء يمر في مركز الأرض، وهذا القطر أطول من القطر العمودي بين القطبين بحوالي 43 كم؛ وهي كمية قليلة نسبياً إذا علمنا أن طول قطر الأرض الاستوائي يقارب 12,756 كم.

تدويم الأرض دورة كاملة حول الشمس في 365 يوماً.

يتوقع أن يقل ارتفاع الأرض حول وسطها عندما تبدأ تدويمها بعد بضعة آلاف مليون سنة.

زاوية ميلان الأرض تساوي  $23\frac{1}{2}^\circ$

## الشئون الأطول

إن تدويم الأرض حول محورها ينفذاً قليلاً جداً جداً تدويماً، وذلك بسبب احتكاك المد والجزر في جوفها الماء تحتية وذخاها حول سطحها. وبأحساب عدم أيام السنة من تحلووط ثغو المرحان، يُقدَّر العلماء أنه قبل 400 مليون سنة كان عدد أيام السنة 400 يوم، وسبب ذلك أن تدويم الأرض كان أسرع حينئذٍ مما يجعل الأيام أقصر.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الجيولوجيا ص 154
- نبذة الأرض ص 212
- الصحور والمعادن ص 221
- أصل الكون ص 275
- الأرض ص 287



# بِنْيَةُ الْأَرْضِ

كما قشرة التُّعَاة تُؤَلَّفُ غِلَافًا رَقِيقًا خَارِجِيًّا، هَكَذَا الْقَشْرَةُ مِنْ سَطْحِ الْأَرْضِ بِالْمُقَارَنَةِ مَعَ الطَّبَقَاتِ تَحْتَهَا. إِنَّ حَجْمَ الْأَرْضِ الْهَائِلَ يَجْعَلُ طَرِيقَةَ الْحَفْرِ عَدِيمَةَ الْجِدْوَى فِي الْكَشْفِ عَنْ حَقِيقَةِ مَا يَتَوَجَدُ فِي بَاطِنِهَا. لِذَا يَلْجَأُ الْعُلَمَاءُ إِلَى وَسَائِلٍ أُخْرَى لِتَحْقِيقِ ذَلِكَ. فَمُعْظَمُ مَعْلُومَاتِنَا عَنْ بَاطِنِ الْأَرْضِ مُسْتَمَدٌّ مِنْ دَرَاةِ سُلُوكِ مَوْجَاتِ الزَّلَازِلِ فِي مُرُورِهَا غَبْرَ الْأَرْضِ. وَهَكَذَا أَسْتَطَاعَ عُلَمَاءُ الْجِيُولُوجِيَةِ عَلَى مَدَى السِّنِينَ، تَكْوِينَ صُورَةٍ لِأَرْضٍ مُتَعَدِّدَةِ الطَّبَقَاتِ ذَاتِ مَرَكِّزٍ مَعْدِنِيٍّ جَامِدٍ مُحَاطٍ بِمَوَادٍّ أَخْفَ وَزْنًا. وَبِتَرَايُدِ مَعْلُومَاتِنَا عَنْ بِنْيَةِ الْأَرْضِ، يَزْدَادُ إِدْرَاكُنَا لِلطَّرِيقَةِ الَّتِي تَعْمَلُ بِهَا.

## طَبَقَاتُ الْأَرْضِ

الدُّنَا الْقَلَوِيَّ جَامِدٌ يَحْوِي طَبَقَةً رَخْوَةً تَسْمَى الْغِلَافَ الصُّخْرِيَّ، وَهُوَ يَخْتَلِفُ عَنِ الدُّنَا السَّغْلِيِّ بِأَنْوَاعِ الْمَعَادِنِ الَّتِي يَحْتَوِيهَا.

طَبَقَةُ الْأَرْضِ الْخَارِجِيَّةُ تَتَأَلَّفُ مِنَ الْقَشْرَةِ وَتَقْسَمُ مِنَ الدُّنَا الْقَلَوِيِّ - وَهِيَ تُشَكِّلَانِ مَعَا الْغِلَافَ الصُّخْرِيَّ.



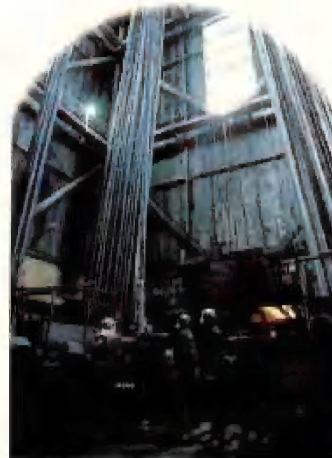
## طَبَقَةُ فَوْقَ طَبَقَةِ

تَتَأَلَّفُ الْأَرْضُ مِنْ ثَلَاثِ طَبَقَاتٍ رَاسِيَّةٍ هِيَ الْقَشْرَةُ وَالدُّنَا وَاللَّبُّ. فَالْقَشْرَةُ، أَوْ الطَّبَقَةُ الْخَارِجِيَّةُ، رَقِيقَةٌ صُلْبَةٌ تَتَأَلَّفُ فِي مُعْظَمِهَا مِنَ الصُّخُورِ. وَالْحَرَارَةُ مِنْ بَاطِنِ الْأَرْضِ تُسَبِّبُ انْتِشَافَ بَعْضِ الصُّخْرِ فِي الدُّنَا - فِي حِينٍ يَبْقَى الصُّخْرُ جَامِدًا فِي طَبَقَاتِهِ السَّغْلِيَّةِ بِفَعْلِ الضَّغْطِ الْدَاخِلِيِّ الْأَعْظَمِ. أَمَّا مَرَكِّزُ الْأَرْضِ، أَوْ اللَّبُّ، فَيَتَأَلَّفُ مِنْ طَبَقَةٍ خَارِجِيَّةٍ سَائِلَةٍ تُلَفُّ طَبَقَةً دَاخِلِيَّةً مَعْدِنِيَّةً جَامِدَةً.

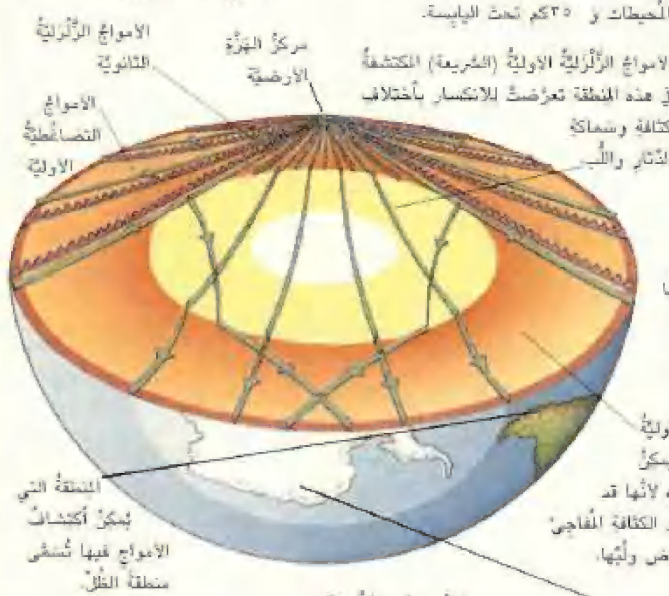
إِنَّ مُقَارَنَةَ غَمَقِ أَعْمَقِ بِنَى فِي الْعَالَمِ بِالسُّمُكِ السَّيْكِي لِطَبَقَاتِ الْأَرْضِ، يُعْطِي فِكْرَةً عَنْ سُمْكِ كُلِّ طَبَقَةٍ.

## الْبِنَى الْأَعْمَقُ

فِي عَامِ ١٩٩٠، حَفِرَتْ أَعْمَقُ بِنَى فِي سِينَةِ جَزِيرَةِ نُوْرَا فِيمَا كَانَ يُدْعَى الْإِنْشَاحَ السُّوْفِيَانِي، وَقَدْ بَلَغَ حُمْقُهَا ١٢ كم وَكَانَ مُقَرَّرًا لَهَا أَنْ يَبْلُغَ ١٥ كم. لَكِنْ لِلْوُصُولِ إِلَى مَرَكِّزِ الْأَرْضِ، غُنَاثُكَ بَعْدُ ٦٣٥٥ كم!



## الاهتزازات الزلزالية



## الأمواج الزلزالية

الأمواج الزلزالية هي الاهتزازات التي تسببها الهزات الأرضية، وتسري عبر باطن الأرض، ويمكن تسجيلها بالأجهزة الحساسة. هنالك نوعان من هذه الأمواج: الأمواج الأولية السريعة الحركة والأمواج الثانوية البطيئة. إن فارق الوصول بين نوعي الأمواج هذين، يوفر لعلماء الجيولوجية معلومات قيمة حول مركز الزلزلة. كذلك فإن انكسار هذه الأمواج عبر المواد المختلفة يكشف نوعية التغيرات في باطن الأرض.

الأمواج الثانوية لا تستطيع عبور اللب السائل، فتمنع في هذه المنطقة بينما تعبر الأمواج الأولية.

## الموهو

يُعرف الحدُّ الفاصل بين قشرة الأرض والدُّنَا بِالانْقِطَاعِ الْمَوْهَوِّ أَوْ الْمَوْهَوِّ - نِسْبَةً إِلَى الْجِيُولُوجِيِّ الْيُوغُوسْلَافِيِّ الْأَلْبَانِي مُوهُورُفِيشِيك (١٨٥٧-١٩٣٦) الَّذِي اكْتَشَفَهُ عَامَ ١٩١٠. فَرَسَ مُوهُو فِي بَرَاغ (تَشِكُوسْلُوفَاكِيَا) وَدَرَسَ فِي رَغْرِبِ يُوغُوسْلَافِيَا. وَقَدْ لَاحَظَ أَنَّ أَمْوَاجَ الزَّلَازِلِ تَتَغَيَّرُ حِينَ مُرُورِهَا غَبْرَ الطَّبَقَتَيْنِ.





## مجال الأرض المغنطيسي

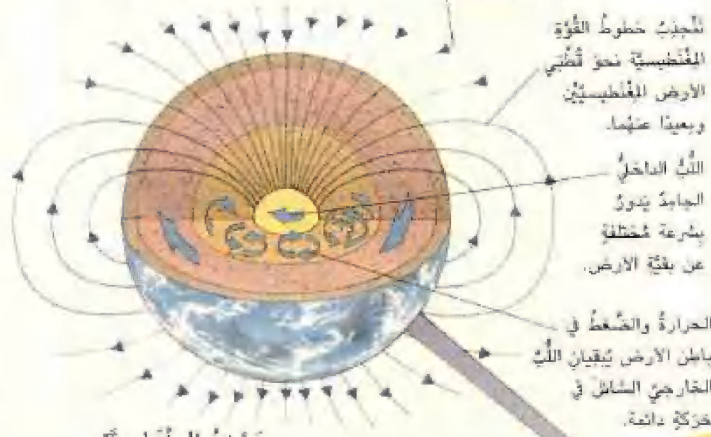
تعمل الأرض كمغنطيس ضخم. والمغنطيس كما نعلم (أنظر ص ١٥٤-١٥٥) يجذب مواد معينة (كالحديد) إذا تواجدت في نطاق حوله يُعرف بالمجال المغنطيسي. ولكل مغنطيس قطبان تميل المواد المغنطيسية إلى التجمع حولهما. قطبا الأرض المغنطيسيان يقعان قرب القطبين الجغرافيين الشمالي والجنوبي، ويُعرف مجالهما حول الأرض بالغلاف المغنطيسي - وهو غلاف مشحون يمتد بعيداً في الفضاء وبقي الحياة على كوكبنا من إشعاعات الشمس المؤذية. ويتجدد الغلاف المغنطيسي للأرض شكل قطرة دُمع بفعل التيار المستمر من الجسيمات المشحونة الصادرة من الشمس، والمعروف بالرياح الشمسية.

### تأثيرات الرياح الشمسية على مجال الأرض المغنطيسي

تُعرف حدود المجال بمنطقة الركود المغنطيسي. يجذب بعض هذه الجسيمات داخلية (تتألف من نحو القطبين الشمس).

المنطقة حيث يتضخم المجال المغنطيسي بالرياح الشمسية تُسمى الشوكة (الكنتة) القروبية. يختبئ بعض الجسيمات من الشمس قرب القطبين الجغرافيين، فيتوكد حولهما وفع يُعرف بالأضواء القطبية الشمالية أو الجنوبية.

## مغنطية الأرض



### مصدر المغنطيسية

يُعتقد العلماء أن مصدر مغنطيسية الأرض هو الطريقة التي يتحرك بها قسما اللب الداخلي والخارجي. فاللب الداخلي الجامد يدور بسرعة مختلفة عن بقية الأرض، فيتوكد المجال المغنطيسي بالقوى فيها التي تعمل على إدارة تحريك كهربائي. ويُعتقد أن تيارات الحمل الحراري في اللب السائل تُؤثر أيضاً في مغنطيسية.

اللب المغنطيسي هو منطقة أنجذاب المجال المغنطيسي بعيداً بالرياح الشمسية.

## وليم جيلبرت

كان طبيب الملكة إليزابيث الأولى. وليم جيلبرت (١٥٤٤-١٦٠٣)، أول من أقام الدليل على أن الأرض تعمل كمغنطيس ضخم. وأستخدم جيلبرت في ذلك إبر البوصلات المغنطيسية الأفقية وعموديات الحديد المغنطيسية في نقطة ما على سطح الأرض، وقطبي الأرض المغنطيسيين أو الجغرافيين.

يقود الدوران يتصل بشط عمودي يقر غير المركز.

### الانعكاسات القطبية



### انعكاس المغنطيسية

يتغير المجال المغنطيسي الأرضي على الدوام. وأحياناً كانت التغيرات جذرية نتيجة بحث انعكس المجال المغنطيسي على نفسه بالكامل. فتبادل القطبان الشمالي والجنوبي المغنطيسيان موقعيهما، ويُعرف هذا بالانعكاس القطبي. ونحن لا نعرف تليلاً واضحاً لذلك، لكننا نعلم أن هذا الانعكاس حدث حوالي عشر مرات في الثلاثة ملايين سنة الماضية.

### الحذروف المدوم

يمثل الحذروف المدوم جانباً حول محور. وبطريقة مماثلة يتغير موقع القطب الشمالي والمغنطيسي الأرضي باستمرار. وتميل القطب المغنطيسي للأرض عن الجغرافي بحوالي ١١ درجة، وتعرف هذه بزاوية الميل.



شعاعاً توقعه باستمرار.



### الطوب المغنطيسي

عندما يتجمد الصخر، يُسجل ويُحفظ اتجاه المجال المغنطيسي الأرضي في ذلك الزمن. بواسطة المعادن المغنطيسية المتواجدة فيه. وهذا يعني أن المجال المغنطيسي يُمكن نقشه في الطوب المشوي منذ ٣٠٠٠ سنة كطوب هذا المعبد القديم ليرشيس الثاني.

### لمزيد من المعلومات انظر

- المغنطيسية ص ١٥٤
- تكون الأرض ص ٢١٠
- القارات المتحركة ص ٢١٤
- الطخون والمعادن ص ٢٢١
- الصخور سبجلات جيولوجية ص ٢٢٦



# القارّات المتحرّكة

خارطة الكتل الصفائح للعالَم



ظَلَّ النَّاسُ آلاَفَ السَّنِينَ يَعْتَقِدُونَ أَنَّ الْقَارَّاتِ ثَابِتَةٌ فِي مَوَاقِعِهَا دَوَماً؛ ثُمَّ تَكشَّفَ عَكْسُ ذَلِكَ تَمَاماً فِي السَّنِينَاتِ مِنَ الْقَرْنِ الْعَشْرِينَ. فَالْوَاقِعُ أَنَّ الْقَارَّاتِ تَنجَرِفُ بِأَسْتِمْرَارٍ حَوْلَ سَطْحِ الْأَرْضِ، كَمَا جُذِوعُ الشَّجَرِ الضَّخْمَةِ الطَّافِيَةِ فَوْقَ بَحْرِ لَرَجٍ؛ وَيُعْرَفُ هَذَا بِالْإِنْجِرَافِ الْقَارِّيِّ. كَذَلِكَ فَإِنَّ قِيَعَانَ الْبَحَارِ يُعَادُ تَدْوِيرُهَا كُلَّ ٢٠٠ مِليون سَنَةٍ، فَبِغَضِّ الْمَوَاقِعِ الْمُسَمَّاةِ حُبُوداً فِي قَاعِ الْمَحِيطِ تَرْتَفِعُ الصُّهَارَةُ (الصَّخْرُ الْمُنْصَهَرُ) مِنْ طَبَقَاتِ الْأَرْضِ الْبَاطِنِيَّةِ فَتَجْمُدُ وَتَتَحَرَّكُ نَحْوَ الْخَارِجِ قَبْلَ أَنْ تُبْتَلَعَ فِي مَوَاقِعَ تُسَمَّى أَخَادِيدَ الْمَحِيطِ. وَحَدِيثاً دُمِجَتْ فِكْرَةُ أَمْتِدَادِ قِيَعَانَ الْبَحَارِ هَذِهِ مَعَ فِكْرَةِ الْإِنْجِرَافِ الْقَارِّيِّ فِي نَظَرِيَّةٍ وَاحِدَةٍ هِيَ نَظَرِيَّةُ بَكْتُونِيَّاتِ الْكُتْلِ الصَّفَائِحِيَّةِ.

## الْكُتْلُ الصَّفَائِحِيَّةُ الْأَرْضِيَّةُ

يُقَسَّمُ سَطْحُ الْأَرْضِ إِلَى عِدَّةٍ مِنَ الْكُتْلِ الصَّفَائِحِيَّةِ، الشَّيْبَةِ بِالنَّشِيقِ الرَّائِيَةِ لِكُرَّةِ الْقَدَمِ. كُلُّ صَفِيحَةٍ تَتَنَافَى فِي أَحَدِ أَطْرَافِهَا مَتَحَرِّكَةً فُذْمَا لَمْ تُهْدَمْ فِي طَرَفٍ آخَرَ. وَيُدْعَى طَرَفُ الصَّفِيحَةِ الْمُسَامِي الْحَاقَّةِ الصَّفِيحَةِ الْبَنَائِيَّةِ، وَتَقَعُ هَذِهِ الْحَوَافُّ عَلَى قُبُولِ الْخُبُودِ السَّحِيطَةِ. وَيُدْعَى طَرَفُ الصَّفِيحَةِ حَيْثُ يَجْرِي الْهَدْمُ الْحَاقَّةِ الصَّفِيحَةِ الْهَدْمِيَّةِ، وَتَقَعُ هَذِهِ الْحَوَافُّ عَلَى طُولِ الْأَخَادِيدِ الْمَحِيطَةِ. وَالْقَارَّاتُ مُرْتَسِخَةٌ فِي هَذِهِ الْكُتْلِ الصَّفَائِحِيَّةِ وَتَتَحَرَّكُ بِتَحَرُّكاتها. إِذَا تَصَادَمَتِ قَارَّتَانِ وَلَمْ تُخَفَّفْ إِحْدَاهُمَا (سُفْلًا) فَإِنَّهَا تَتَقَصَّصَانِ فَقَطْ لِلشَّكْلِ سَلَامِلٍ جَبَلِيَّةٍ.

سَنَةُ ٢٠٠٠ جُلِيُون سَنَةٍ

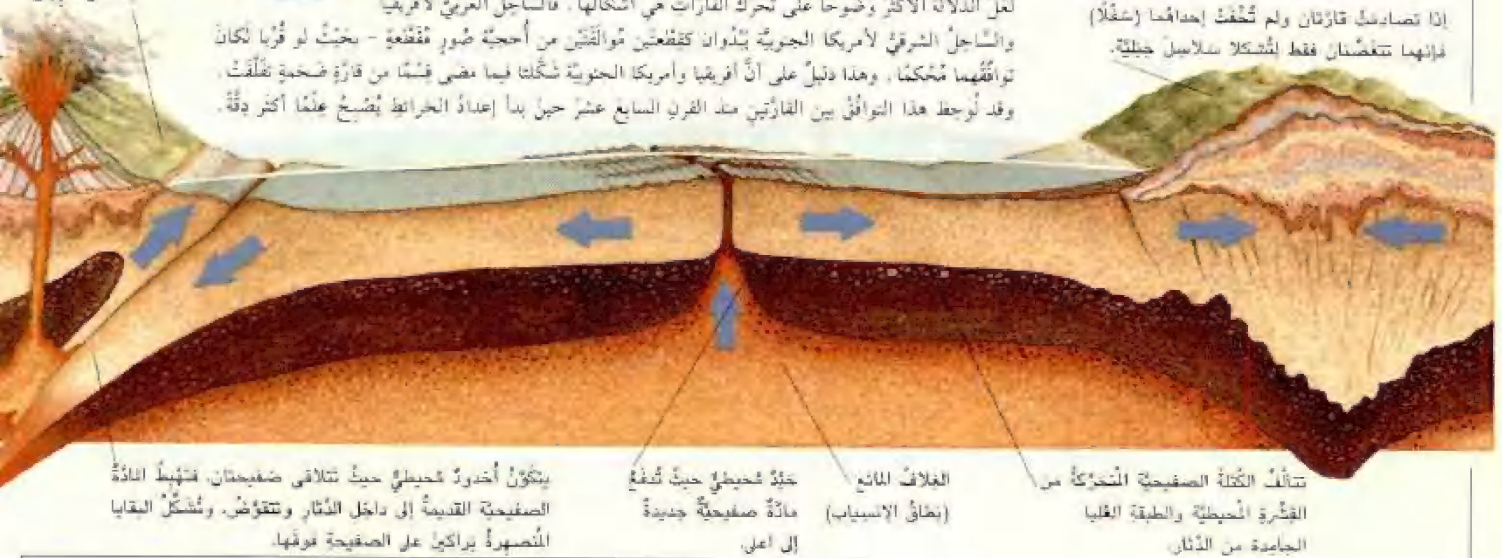
سَنَةُ ٥٠ مِليون سَنَةٍ

الرَّيْثَانِ الْحَاضِرِ

يُطْلَقُ الْبَحْثُ الْبَحْثُ الْبَحْثُ عَنِ كُتْلَةِ الْبَحْثِ الضَّخْمَةِ الَّتِي تَوَاجَهَتْ مَعْدًى مِلايِينِ السَّنِينَ الْأَسْمَاءُ بِالْجِبَالِ، أَيْ أَمَّ الْقَارَّاتِ.

## القارّات المُشَابِكَةُ

لَعَلَّ الدَّلَالَةَ الْأَكْثَرَ وَضُوحاً عَلَى تَحَرُّكِ الْقَارَّاتِ هِيَ اشْتِكَاؤها. فَالسَّاحِلُ الْغَرْبِيُّ لِأَفْرِيقَا وَالسَّاحِلُ الشَّرْقِيُّ لِأَمْرِيكَا الْجَنُوبِيَّةِ يَتَوَافَقَانِ كَقَطْعَتَيْنِ مَوَالِقَتَيْنِ مِنْ أَحْجَبَةِ صُورٍ مُفَقَّعَةٍ - بَحْثٌ لَوْ قُرِبَا لَكَانَ تَوَافُقُهُمَا مُتَّكِئاً. وَهَذَا دَلِيلٌ عَلَى أَنَّ أَفْرِيقَا وَأَمْرِيكَا الْجَنُوبِيَّةَ شَكَّلَا يَمَا مَضَى قَبْلاً مِنْ قَارَّةٍ ضَخْمَةٍ تَقَلَّصَتْ. وَقَدْ لَوَحِظَ هَذَا التَّوَافُقُ بَيْنَ الْقَارَّاتَيْنِ مَعْدًى مِلايِينِ السَّنِينَ حِينَ بَدَأَ إِعْدَادُ الْخَرَائِطِ يُضَيِّحُ عَلَمًا أَكْثَرَ دَقَّةً.



## فِرْدْرِيك فاين ودراموند ماثيوز

لَيْسَ مِنَ الْعَسِيرِ إِجَادُ شَوَاهِدَ عَلَى تَحَرُّكِ الْقَارَّاتِ، لَكِنْ الْعَسِيرُ هُوَ إِجَادُ عِلَامَاتٍ دَلَالِيَّةٍ عَلَى أَمْتِدَادِ قِيَعَانَ الْبَحَارِ. وَكَانَ الْجُيُوفِيْزِيَّائَانِ الْبَرِيْطَانِيَّانِ، فِرْدْ فاين ودراموند ماثيوز، أَوَّلَ مَنْ أَدْرَكَ أَهَمِّيَّةَ أَحَدِ هَذِهِ الْأَدَلَّةِ، عَامَ ١٩٦٣. فَبَيَّنَا أَنَّ نَقَطَ الْخُرُوجِ الْمَغْطَاطِسِيَّةِ فِي صُخُورِ قِيَعَانَ الْبَحَارِ هُوَ يُرْهَانٌ مُفْتَعٌ عَلَى أَمْتِدَادِ هَذِهِ الْقِيَعَانَ.



د. فاين



د. ماثيوز

## الغلاف الصخري

تَتَأَلَّفُ الصَّفَائِحُ الْأَرْضِيَّةُ مِنَ الْقَشْرَةِ وَمِنَ الطَّبَقَةِ الْغَلِيَّةِ الْجَامِدَةِ لِلدُّثَارِ. وَتُعْرَفُ هَذِهِ الطَّبَقَةُ بِالْغِلَافِ الصَّخْرِيِّ. تَحْتَ هَذَا الْغِلَافِ تَوْجَدُ طَبَقَةٌ مِنَ الدُّثَارِ، تُدْعَى الْغِلَافُ الْمَانِعُ، وَهِيَ طَبَقَةٌ رَخْوَةٌ تُزَلُّ أَنْبِيَابُ الصَّفَائِحِ الْجَامِدَةِ فَوْقَهَا. فِي الْخُبُودِ الْمَحِيطِيَّةِ، تَتَخَلَّقُ الصُّخُورُ الْمَتَّصِلَةُ بِفَعْلِ الْبَرَاقِيْنِ، وَهَذَا يَدْفَعُ صَفِيحَتَيْنِ بَعِيدًا عَنْ بَعْضِهِمَا. أَمَّا الْأَخَادِيدُ السَّحِيطِيَّةُ فَتَكُونُ حَيْثُ تَتَلَاقَى صَفِيحَتَانِ وَتُخَفَّفُ (أَوْ تُطْرَحُ) إِحْدَاهُمَا تَحْتَ الْأُخْرَى وَتُدْفَنُ.





وُجدت أحافير رُوافف المياه العذبة السباحة «ميروسورس برازيلينسيس» في جنوب إفريقيا والبرازيل.

## شواهد أم القارات

هناك العديد من الشواهد على أن اليابس من الأرض كان فيما مضى قارة واحدة. والعديد من البراهين يُثبت ذلك. فقد وُجدت الجيولوجيون، مثلاً، أجزاء من السلسلة الجبلية القديمة نفسها في قارات مختلفة. كما وُجدت أيضاً أحافير للحيوانات نفسها منتشرة في مختلف أرجاء الأرض. مما يثبت أن هذه الحيوانات تواجدت سابقاً في قارة واحدة ضخمة.

## تحرك القارات



## ما قبل أم القارات

قبل أم القارات، كانت كتل اليابسة قارات منفصلة متباعدة عن الكره الأرضية. لكنها كانت مختلفة جداً عن القارات اليوم. ثم أخذت تلك القارات تتقارب بعضها نحو بعض ببطء شديد.

## أم القارات



منذ حوالي 300 مليون سنة، تضاعفت جميع قارات ذلك العصر، فشكّلت قارة شامخة واحدة، يُسمونها الجيولوجيون أم القارات. ودامت هذه القارة العسافرة قرابة 100 مليون سنة. ثم بدأت تنفلق إلى شطرين - شمالي يُدعى لوراسيا - وجنوبي يُدعى جُندوانا.

## مستقبل القارات

منذ حوالي 200 مليون سنة، بدأت أم القارات بالانفلاق وتفتتت. ولا يزال هذا التباعد مستمرًا. مُتنبًئ بمعدل بضعة سنتيمترات في السنة (تقريباً بمعدل نمو أظفار أصابعك). فتتابع القارات اليوم هي مواقع مؤقتة. وقد تكون خارطة العالم في المستقبل غريبة بقدر غرابة خريطة العالم قديماً.



## شاهد أخفوري

أحافير حيوان الميوسورس التي عُثِر عليها في البرازيل مُطابقة تماماً لأحافيره التي وُجدت في إفريقيا الجنوبية. إن مثل هذا الحيوان يستحيل عليه قطع المحيط الأطلنطي، مما يثبت أنه عاش في عصر كانت أمريكا وإفريقيا فيه مُتصلتين. فعندما تباعدت القارات فصل المحيط الأطلنطي بين الأحافير، كما وُجدت أيضاً أحافير الثياث نفسها، من العصر نفسه، في أمريكا الجنوبية وإفريقيا والهند وأستراليا ومنطقة القطب الجنوبي.



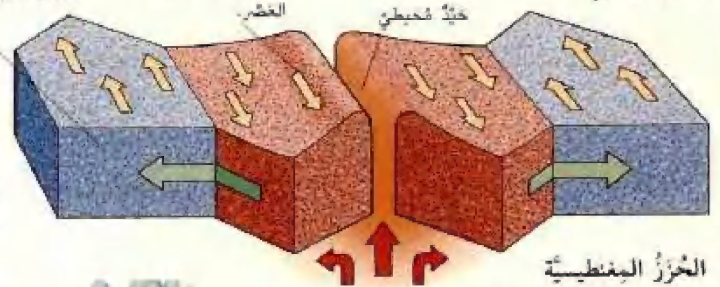
شكّلت حركة القارات عما هي اليوم لرسم القارطة المتوقعة للأرض في المستقبل البعيد. في هذا «العالم الجديد» تتحدت أستراليا كثيراً نحو الشمال وتنفصلت الأمريكيتان وأخذتهما عن الأخرى.

## كولمبوس

عام ١٤٩٢، أبحر المُكتشف الإيطالي المُولد، كريستوفر كولمبوس، عبر الأطلنطي واستغرقت رحلته ٧٠ يوماً. ولو أنه قام برحلته في وقتنا الحاضر لاستغرقت الرحلة ذاتها أكثر بقليل! إذ إن المسافة بين أمريكا الشمالية وأوروبا اليوم أبعد قليلاً عما كانت عليه في حينه - فالمحيط الأطلنطي أوسع الآن بعشرة أمتار عما كان عليه منذ ٥٠٠ سنة! سفينة كولمبوس



هذه الصورة تُبين خزاناً مغناطيسية في كل طبقة من الخيد المحيطي. عندما يتجسّد الصخر من الخيد، فإنه يتعقّب باتجاه الشمال المغناطيسي لذلك العصر.

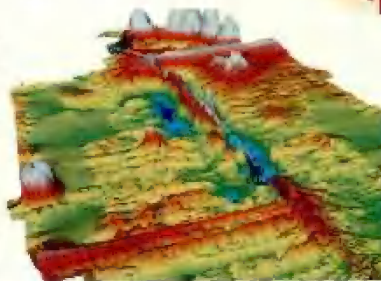


## الخزّز المغناطيسي

تتسكّط صخور قاع البحر خزّراً. فالشريحة الصخرية المُعقّطة باتجاه القطب الشمالي المغناطيسي الحاني تنوضّع مُوازاة للشريحة المُعقّطة سابقاً باتجاه شمالي. وقد وجد الجيولوجيون هذا النمط نفسه من الخزّز على جانبي الخيد المحيطي، وذلك دليلٌ يثبت على اتّساق قيعان البحار.

## قاع المحيط

الصخور الشامخة للخيد المحيطي صخور نطفة تماماً، لأنه لم يتسرّب لها وقت كافٍ لتتسبّع الرسابات. أمّا الصخور البعيدة عن الخيد المحيطي، فهي مُكدّسة بطبقات سمكية من الرسابات المترابطة - مما يثبت أن قاع المحيط هناك أقدم. وهذا شاهد إضافي على اتّساق قيعان البحار.



## لمزيد من المعلومات انظر

- الفوق ص ١١٤
- بنية الأرض ص ٢١٢
- نشوء الجبال ص ٢١٨
- البحار والمحيطات ص ٢٣٤
- الأرض ص ٢٨٧



# البراكين

إذا تَرَجَّحَ قَيْئَنُ شَرَابٍ قَوَارٍ بِشِدَّةٍ وَتَفَتَّحَهَا، فَالضَّغْطُ الَّذِي يَدْفُقُ السَّائِلَ رَشَاشًا عِزُّ قُوَّةِ الْقَيْئَنَةِ شَبِيهٌ، مِنْ حَيْثُ الْقَبْدَاءُ، بِالضَّغْطِ الَّذِي يُسَبِّبُ ثَوْرَانَ الْبَرَائِكِينَ. يَتَّبِعُ التَّفَتُّحُ الْبَرَائِكِيَّ الْعَنِيفُ سَحْبًا كَثِيفَةً مِنَ الرَّمَادِ وَمَقْدُوفَاتٍ مِنَ الْحُمَمِ اللَّابِيَّةِ اللَّاهِبَةِ تَسَابُ مُتَوَهِّجَةً عَلَى السَّفُوحِ الْمُجَاوِرَةِ. يَتَوَرَّدُ الْبَرَائِكَانُ عِنْدَمَا تَبْدَأُ الْكُتْلُ الصَّفَاتِحِيَّةُ الصَّخْرِيَّةُ، الَّتِي تَوَلَّفَتْ سَطْحَ الْأَرْضِ، بِالتَّحَرُّكِ. فَعِنْدَ أَصْطِلَامِ صَفِيحَتَيْنِ قَدِيمَتَيْنِ وَاتِّسَاقِ إِحْدَاهُمَا تَحْتَ الْأُخْرَى تَنْصَهَرُ الصَّفِيحَتَانِ وَيَتَّجُّ مِنْ ذَلِكَ بُرْكَانٌ عَنِيفُ الطَّرَازِ. وَمِنْ الْبَرَائِكِينَ أَنْوَاعٌ أُخْرَى تَتَكَوَّنُ عِنْدَ تَشَكُّلِ صَفَائِحٍ جَدِيدَةٍ؛ فَتَرْتَفِعُ الصَّهَارَةُ عِزُّ الدُّثَارِ وَتَتَبَيَّنُ كِبَرَاكِينَ هَادِنَةٍ. تَقَعُ بَعْضُ الْبَرَائِكِينَ بَعِيدًا عَنْ حَوَافِ الْكُتْلِ الصَّفَاتِحِيَّةِ فَوْقَ بُقْعَةٍ نَاشِطَةٍ جَدًّا فِي الدُّثَارِ الْأَرْضِيِّ.



بومبي

في العام ٧٩ م. تَارَ بُرْكَانُ جَبَلِ فِزُوفٍ وَطَرُ مَدِينَةِ بَوْمَبِي الرُّومَانِيَّةِ عِنْدَ تَفَجُّعِهِ وَمَا فِيهَا بِالرَّمَادِ وَالْحُمَمِ، قَلِمَ يَكْشِفُ عَنْهَا إِلَّا حَوَالِي الْعَامِ ١٧٤٨. وَاللَّافَتْ أَنَّ أَجْسَادَ النَّاسِ وَحَيَوَانَاتِهِمْ تَرَفَّتْ تَجَاوِزَتْ فِي الرُّزْمِ الْبَرَائِكِيَّ أَمَّا لَعْنَتُهُمَا بِالنَّجَسِ وَالْحَصُولِ عَلَى سَادِجٍ لِبَعْضِ الصَّخَابِ.

سَحْبٌ مِنَ الرَّمَادِ وَالْقَبَارِ  
قَيْئَنِيَّةُ التَّشَكُّلِ تَقْدُزُ فِي الْجَوِّ  
وَتُغْطِي الْمَنَاطِقَ الْمُحِيطَةَ.

## بُرْكَانُ أُنْدِيرِيَّتِي

الْبُرْكَانُ الْأُنْدِيرِيَّتِيُّ مَخْرُوطٌ حَادُّ الْجَوَانِبِ يَتَكَوَّنُ عِنْدَمَا تَتَفَجَّرُ مَوَادُّ الصَّفَاتِحِ الْمُتَصَهِّرَةِ مِنَ الْأَرْضِ. وَبِتَعَاظُمِ الْبُرْكَانِ تَدْرِيجِيًّا بِتَرَاكُمَاتِ اللَّابَةِ الْبَطْنِيَّةِ الْإِنْسَابِ وَطَبَقَاتِ الرَّمَادِ. وَتُعْرَفُ اللَّابَةُ السَّمِكَةُ الَّتِي يَكُونُهَا هَذَا النُّوعُ مِنَ الْبَرَائِكِينَ بِاسْمِ أُنْدِيرِيَّتِي.

سَحْبٌ شَتَاخَجَةٌ  
مِنْ الْغَازِ  
وَالْكَسِيمَاتِ  
الْمُتَوَهِّجَةِ تَسَابُ  
عَلَى سَفُوحِ جَبَلِ  
بِنْيُورِيلَنْدَا، فِي  
أَب. ١٩٦٨.

## السَّحْبُ الْمُنَاجِحَةُ

الْعِنَاقُ الضَّغْطُ فَحَاةٌ مِنَ اللَّابَةِ الْأُنْدِيرِيَّتِيَّةِ الْمُتَدَفِّعَةِ عَلَى السَّطْحِ. يُخْبِرُ سَحَابَةُ مُنَاجِحَةٍ تُسَمَّى أَحْيَانًا الْهَيَارَ الْمُنَاجِحَ تَأَثُّلًا مِنَ الْغَازَاتِ وَشَطَابِ الصَّخْرِ وَالرَّمَادِ، فِي دَرَجَةِ الْخَرَادَةِ الْبَيْضَاءِ، تَسَابُ فَوْقَ التَّلَافِي وَالْأَوْدِيَةِ بِسُرْعَةٍ قَدْ تَصِلُ إِلَى ١٠٠ كم/سَاعَةٍ سَاطِعَةً كُلِّ شَيْءٍ وَخَائِفَةً كُلَّ خَرٍّ فِي طَرِيقِهَا.

## خَارِطَةُ الْبَرَائِكِينَ فِي الْعَالَمِ



هَازَايِ  
جَبَلُ قُوجِي  
بِالْيَابَانِ

بِنْيُورِيلَنْدَا

يَتَقَوَّضُ سَطْحُ الْجَبَلِ مُطْلَقًا  
سَحْبًا مُنَاجِحَةً تَغْطِي سَمَاءَ  
الْمَنْطِقَةِ بِسُرْعَةٍ.

يَتَجَدَّدُ الْعَقْلُ الْبَرَائِكِيَّ  
شَكْلَ الْقَتْعِ. وَيَكُونُ  
مَمْلُوعًا بِجُرُثَا الرَّمَادِ  
مِنْ ثَوْرَانَاتٍ سَامِقَةٍ.

غَالِبًا مَا تَتَجَمَّدُ اللَّابَةُ  
الْأُنْدِيرِيَّتِيَّةُ فِي الْعَقْلِ  
الْبَرَائِكِيَّ، فَتَشُدُّ قُوَّتَهَا.  
وَمَعَ تَكَثُّرِ الضَّغْطِ يَتَعَرَّضُ  
الْبُرْكَانُ لِلْإِفْجَارِ الْمُنَاجِحِ.

## ثَوْرَانُ أُنْدِيرِيَّتِي

الْبُرْكَانُ الْأُنْدِيرِيَّتِيُّ النَّاشِطُ بُرْكَانٌ عَنِيفٌ جَدًّا، يُمَكِّنُ ثَوْرَانَهُ فِي أَيِّ لَحْفَةٍ، وَتُسَبِّبُ انْفِجَارَاتِهِ أَصْوَارًا يَالِغَةً. وَقَدْ يُرْبِلُ هَذَا النُّوعُ مِنَ الثَّوْرَانِ سَحْبَ الرَّمَادِ وَالْغَازِ الْحَارِّ إِلَى مَسَافَاتٍ بَعِيدَةٍ جَدًّا. الصُّورَةُ الْمُقَابِلَةُ تُفَعِّلُ الْبَرَائِكِيَّ الْأُنْدِيرِيَّتِيَّ بَعْدَ ثَوْرَانِهِ.

فِي عَامِ ١٩٨٠، تَارَ  
بُرْكَانُ أُنْدِيرِيَّتِيَّ فِي  
جَبَلِ الْقَدِيسَةِ  
هَيْلَانَةِ بِالْوَلَايَاتِ  
الْمُتَّحِدَةِ، فَدَخَلَ  
بِسَلْحَاتِهِ كَاسِعَةً  
مِنْ الْعَايَاتِ.



## مَنَاطِقُ الْبَرَائِكِينَ الْبَازِلِيَّةِ

تَوَجَّدَ الْبَرَائِكِيُّ الْبَازِلِيَّةُ حَيْثُ تَرْتَفِعُ مَادَّةُ الدُّثَارِ لِتَتَكَوَّنَ صَفَائِحُ جَدِيدَةٌ، وَهِيَ نَاعِدًا مَا تَنْظَرُ فَوْقَ سَطْحِ الْبَحْرِ. أَمَّا بَرَائِكِيُّ الْعَقْلِ الْحَارَّةِ، فَكَيْفَ التَّوَجُّدِ فِي هَازَايِ، فَهَذِهِ تَتَكَوَّنُ بَعِيدًا جَدًّا عَنْ حَافَةِ الطَّيْفِيَّةِ.





### بركة طينية

قد يتعرض الماء السارِب في الأرض في بطنية بركانية للتسخين بفعل الصخور الساخنة الغازات الحامية. تَنْفُصُ الصخورُ الساخنة الغازات البركانية فَحَمِضُهَا، وهكذا فإنَّ الحامض الساخن الذي تَمُطُّهُ الصخورُ يُنْجِ حَمَاقَةً تَنْقُصُ إلى السطح بركة من القلبي العالي. وتُعتبر البركة الطينية في مَنَازِلَ بِلوسْتون الوطني بالولايات المتحدة مُعلَّما مُخَيَّباً بِنَصْدَةِ السَّيَّاح.



### الحَمَّات (ينابيع المياه الحارة)

تَنْقُصُ المياهُ التي تَسْخُنُها الصخورُ البركانية إلى السطح في حَمَّاتٍ ماءٍ وبَخَارٍ. وغالبًا ما تَكُونُ لَبَكَةً من الحَمَّات تحت الأرض، فإذا تَبَخَّرَتِ المياهُ في إحدىها، يَدْفَعُ الماءُ بالتمدد الحاميل إلى السطح، ويُسْهِمُ الضغطُ المُخْفَضُ بتوليد مزيد من البَخَارِ. فَيُصْغَفُ بالماء شُعْلاً مُتَدَفِّقَةً من الأرض كَنَافُورَةٍ ماءٍ عَالٍ تَسْمِيهَا حَمَّة.

### البركان البازلتية

في بقاع كَالْتَلَقِي الحَمَّات، ترتفع الموادُ المُنْصَهَرَةُ من الدَّنَارِ، فإذا تَمَّ لها أَخْرَاقُ السطح، تَكُونُ لَآيَةً سَوْدَاءَ سَيَّالَةً تُعْرَفُ بِالْبَازَلْتِ. وبخلاف اللَّابَةِ الأَنْدِيزِيَّةِ تَسْأَبُ اللَّابَةُ البَازَلْتِيَّةُ عَادَةً مَسَافَاتٍ طَوِيلَةً قَبْلَ أَنْ تَتَجَمَّدَ. لذا فالْبِرْكَانُ الناتِجُ عَرِيضٌ وَخَفِيفٌ، ويُعْرَفُ بِالْبِرْكَانِ المَحْجَنِيِّ. تقعُ شُعْطُ البراكين البازلتية في أعماق البحار، فعندما تُقَدَّفُ اللَّابَةُ في الماء تَبْرُدُ بِسُرْعَةٍ كَثِيلَاتٍ فَقَاعِيَّةٍ تَسَمَّى اللَّابَةُ الوَسَادِيَّةُ. أمَّا على اليابسة، فَبَرْدُ البَازَلْتِ المُنْصَهَرُ في الهواء كَنَافُورَةٍ لَهَبٍ. وقد تَتَجَمَّدُ القَطْرَاتُ أثناءَ طَيَارِها فَتَحْوَِلُ إلى قَنَابِلٍ بُرْكَانِيَّةٍ.



جبل القديسة هيلانة  
بالولايات المتحدة  
بِلُوشْتون  
بالولايات المتحدة

بِرْكَانُ الأَنْدِيزِيَّةِ

فِيروغف بإيطاليا

### مناطق البراكين الأنديزية

البراكين الأنديزية شبيهة باسم جبال الأنديز حيث لوحظت أولاً. وهذه البراكين تتواجد في المناطق حيث تلتقي الواحدة من الصفائح الأرضية تحت التي عليها.

### النطق الحارة

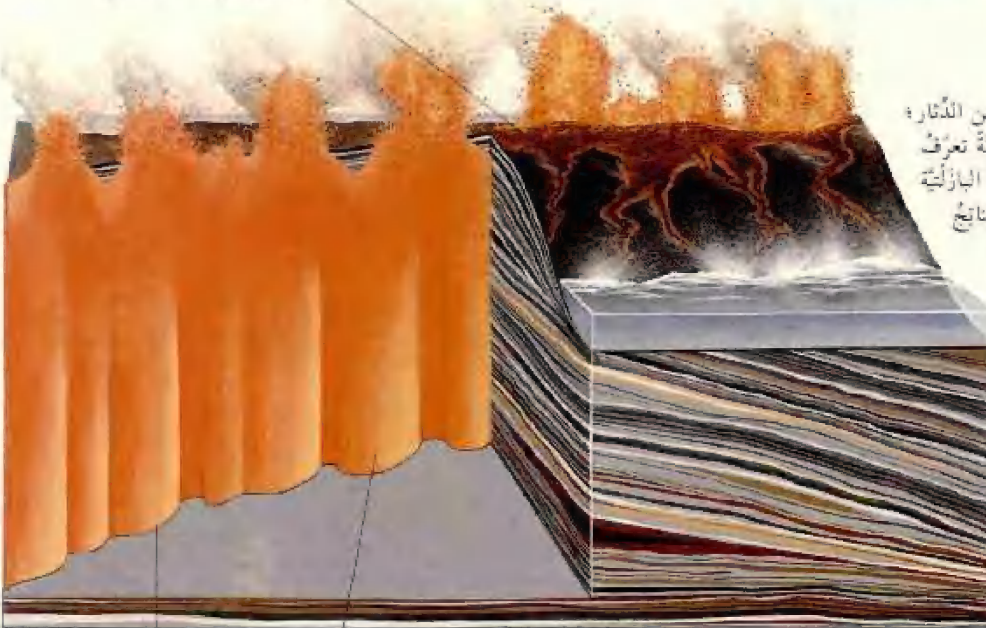
في أعماق الدَّنَارِ الأرضي هنالك مناطق شديدة الحرارة والاضطراب، تُعْرَفُ بالنطق الحارة، تكون الأوضاع فيها مُهِمَّةً لِكُتُونِ البراكين البازلتية على الفُسْفُورَةِ فَوْقَهَا، وَيُعْمَلُ تَحْرُكُ الكُتَلِ الصَّفَائِحِيَّةِ المُسْتَمِرُّ عَلَى تَكْوِينِ حُطِّ سِلْسِلِي مِنَ البراكين.



جزيرة في نطاق حار مُتَقَدِّرُ بِهَآوَايَ



يُحْفَظُ تَدْفُقُ اللَّابَةِ الضَّخْمُ من الاندلاعات البازلتية ويتحطت كَبَازَلَتٍ مُلْغِي.



تحت كل بركان هناك حجرة صهاريّة، هي مُستودع من المواد المُصَهَرَةِ يُغْذِي الإِتْدَاعَ البركانيّ. طَفْعُ السَّقُوقِ، الذي ترتفع فيه اللَّابَةُ عِزْرَ صَدُوحٍ طَوِيلَةٍ، وَاسِعُ الإِنْتِشَارِ فِي البراكين البَازَلْتِيَّةِ.



لَآيَةً مُنْصَهَرَةً تَسْأَبُ فَوْقَ الصَّخُورِ فِي هَآوَايَ

### سطوح اللَّابَةِ

تَسْأَبُ اللَّابَةُ البَازَلْتِيَّةُ بَحْرِيَّةً، فَيَكُونُ سَطْحُهَا البَارِدُ قَشْرَةً، تَنْقُصُ وَتَتَجَمَّدُ بِالتَّخَرُّكَاتِ تَحْتِهَا. وتُعرَفُ هذه اللَّابَةُ الخَبَلِيَّةُ بِالْبَاقِوَمُو (اسمها المحلي في هاواي)، وإذا تَكَثَّرَ هذا السطح، فإنه يَكُونُ كَنَلا لَآيَةٍ خَبَلِيَّةِ السطح تَسْمَى آآ.

### لمزيد من المعلومات انظر

- الحوامض ص ٦٨
- الغازات المُتَحَرِّكة ص ٢١٤
- أنشوء الجبال ص ٢١٨
- الهزات الأرضية ص ٢٢٠
- الصخور والمعادن ص ٢٢١
- زمن خرائط الأرض ص ٢٤٠



مخارطة جبال العالم



مجموعۃ الجبال  
الأفريقية الشرقية

توزيع الجبال

تتلقى صحيفة محيطية تحت إحدى  
القارات؛ فيطلق الاحتكاك الحافة  
القارية إلى أساقين، دافعا كل إسفين  
مها خلفا تحت الإسفين الذي يليه.

جبال الطی : عملیاً

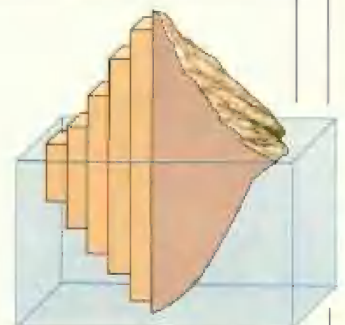
تُكوِّن الأساقفة القاريَّة  
النَّصِيفَةَ جُزْأً وسَلَابِلَ  
سَاجِلِيَّةً وَجَرَّةً وَهِيَ تَتَأَلَّفُ  
مِنْ مَزِيَجِ مُزَكَّيٍّ عَنِ الرُّسَابَاتِ  
الْحَبِيطَةِ وَالْمَوَادِّ الْقَارِيَّةِ.

تَكُونُ جِبَالِ الطِّيِّ

تتكوّن جبال الطيّ على حافة القارّة. فتتعلّق الصفيحة القارّة عند ارتباطها بالصفيحة المحيطيّة التي تُقحم تحتها. فنلتصق الجُرُر والرّسائبات السّوقلة مع الصفيحة المحيطيّة بخافّة القارّة؛ وتطوّى هذه مُقنّمةً طرفيها مُبعداً لتُصبح جزءاً من السّلسلة الجبليّة. أمّا الصفيحة الهابطة فننضمّها، وتتصاعد المُهاجرة في قاعدة الجبال فتزحفها أكثر، وتقدّف البراكين إلى السطح.

## الجيالُ الطَّافِيَّةُ

وفي العام ١٨٥٥، إوتأى الفلكي البريطاني  
جورج بيدل عيري، أنّ الجبال، كما الكتل  
الخشبية الطافية في الماء، يزداد غوصها  
تحت السطح كلما زادت ارتفاعها فوقه.  
وَبَيَّنَ الأبحاث الحديثة أنّ القشرة القارية  
أثقل كثيراً في المناطق الجبلية منها في  
المناطق المنبسطة، وأنّ للجبال جذوراً  
تغترس عميقاً في طبقة الدثار.



نَمُودِجِ لَحْدُورِ جَبَلِ

### جبال الطي : نظرياً

يَضَعُ الضَّغْطَ الصُّخُورَ  
وَيَعْصِيهَا جَيِّدًا فِي دَاخِلِ  
الْقَارَةِ.

ترتفع المواد المتصهرة من  
الصفحة الهابطة.

الصخور القارية تُضْغَطُ  
وتتَغَضَّرُ وتتَوَلَّى فِي مَهِلَةٍ  
عَمِيقَةٍ



يَخُذُ التَّائِكُلُ سَطَوِخَ الطَّيَّاتِ  
الْمُدَوَّرَةِ إِلَى خَلِيمِ مُنْتَمِ.

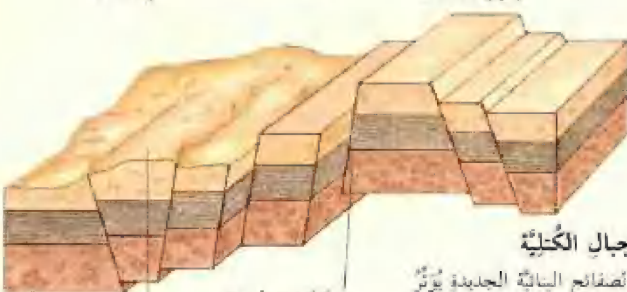
الطّيّات الداخليّة  
البسيطة تتأكّل بالشجيرة  
إلى شجيرات حادة  
تشكّل الجُرُف والوُديان.

الطخوز  
النصيرة تدفع  
عبر الفجوات مكونة  
مراكز انديازيتية. ويبقى  
الگرانيت مكشولاً على السطح.

## الخيال الكُتبيّة

بالتحقيقات

مفتي القضاة



تَكُونُ الْجِبَالُ الْكُتْلَةُ

إن تكون الصفائح النائية الجديدة يؤثر  
بقشرة الأرض فيلقها شئلاً تصلب فيها  
شقوق تنسج ضووعاً وقد تنخيف بعض  
هذه الكتل، مكونة أودية خصب، تاركه  
الكتل القائمة فيها كجبال قتيبة، كتلك  
المتواجدة في شرق أفريقيا.

تَنْفِلُكَ الْقَارَةُ بِفِعْلِ  
الشُّومِ إِلَى كُفْلِ  
يَحْكُوكَ بَعْضُهَا  
بِالْفَسِيَةِ إِلَى  
بَعْضِهَا الْآخَرِ.

الْتَحَاتِ السَّطْحِي  
يَنْوَرُ حَاقَاتِ  
الْكُتْلِ وَيُغْلِي  
الصَّدُوعُ؛ فَيَنْغَدِرُ  
تَمِيرُهُا.



## تكوُّن الطبَّات

عندما تعرَّض طبقات الصُّخور لضغوطٍ بالغةٍ لا تحتملها فإنَّها تتشكِّل طبَّات. فالطبقةُ المُدالَّةُ سفلًا هي طبقةٌ مُقعَّرة، فيما الطبقةُ المُقنطرة (المُقرَّسة صعدًا) طبقةٌ مُحدَّبة، وغالبًا ما تتواجدان معًا. ويسمَّى الخطُّ الذي ينشئ الصُّخور على أمتدادِهِ، بِمُخَوَّرِ الطَّي.

## معالمُ طَبَّةٍ مُنَوَّجةٍ

الطبقاتُ المُحدَّبة من الصُّخور الغليظة البنية، كالخجر الرَّشَّي، تتصدَّع بالشَّلوي شُكُورًا شُقوقًا تَتَشَتَّرُ بِمُوجِبِها من صُخور الطين.

الطبقاتُ المُتعدِّدة الرِّاقات، كالطِّفْل، تتعُضَّن بالطين.

طبقات الصُّخور المُحدَّبة، كالخجر الكلسي، قد تتغلَّق بالطين مُلوِّقًا طَوَّازِيَةً لِلصُّخور.



## طَبَّةٌ لَاتَمَانِيَّةٌ

الصُّمَادَةُ تَتصدَّع بالطين، أمَّا المُشَعِبَةُ فتتصدَّع وتتغُضَّن.

## أنواعُ الطبَّات

تتكوَّن الصُّخور بِطَرَفَي مُختلفةٍ تُنتِج أنواعًا مُختلفةً من الطبَّات. الطبَّاتُ المُشَبَّبةُ أعلاه هي طبَّات مُتَمَانِيَّةٌ، يعني أنَّ الطبقةَ تعلوي عَوْدًا مُستويً عَمُودِيً. أمَّا في الطبَّاتُ اللَّاتَمَانِيَّةُ، فليبدو الطبقةُ مائلةً مُتَحَرِّكةً بِفعلِ الضَّغطِ المُسلَّطِ عليها. وقد تتعاطَمُ الضُّغوطُ جِدًّا فتَنشَقُّ الطبقةُ بِكامِلِها، وتُصبحُ صَدْعًا دَسْرِيًّا.



## طَبَّةٌ

تُشكِّلُ طبقاتُ الصُّخور المُطَوَّاةُ هذه في نِيُورُونلَنْد، نِيُوجُوسِي بِالولاياتِ المُتَّحِدَةِ، الأشكالُ التي اتَّخَذَتْها الطبَّاتُ. وتُميَّزُ الطبقةُ في مُكْتَنِبِ صُخْرِيٍّ بِالشَّكْلِ المُشَدِيدِ الذي تُحدِّدُهُ في طبقاتِ الصُّخور.

## طَبَّةٌ مُضَطَّجَّةٌ

الطبقةُ اللَّاتَمَانِيَّةُ تبدو مائلةً لِأَنَّ مُحَاوَرِ الطَّي لِكُلِّ طبقةٍ لَيْسَتْ فَوْقَ بَعْضِهَا غَيْرًا.

الطبقةُ المُضَطَّجَّةُ تبدو كَأَنَّهَا وَقَعَتْ عَلَى نَفْسِهَا.

## دَسْرٌ (صَدْعٌ دَسْرِيٌّ)

بِالضَّغْطِ المُستمرِّ تُصْبِغُ الطبقةُ دَسْرًا - بِمَكْنَى تُشَاعِطُهُ كَطَبَقَةٍ أَوْ صَدْعٍ.

## صَدْعٌ عَادِيٌّ

يَتكوَّنُ الصَّدْعُ العَادِيُّ بِالتَّوَرُّدِ، فَيَتصدَّعُ الصُّخورُ وَيُزَلِّقُ وَاجِدُهَا سَفْلًا نِجَاةً الَّذِي تَلِيهِ.

شُكُورِي الصَّدْعِ يَفْصِلُ الكُتْلَةَ الشُّعْبِيَّةَ عَنِ الْفَرَقِيَّةِ.

الكُتْلَةُ الدَانَتَةُ عَلَى السَّطْحِ تَتَلَاخِي عَاجِلًا بِالتَّخَاكُ.

## الصَّدْعُ

يُمْكِنُ مُشَاهَدَةُ الصَّدْعِ كَثُرًا تُخَفُّ بِهِ الصُّخورُ مُزَاجَ بَعْضِهَا بِالنَّسَبِ لِبَعْضٍ.

## دَسْرٌ

تُتَلَفُّ حَوَافُّ الطبقاتِ قِبَالَةَ الصَّدْعِ، ويُعرَفُ هذا بِالتَّزَلُّقِ.

## الصَّدْعُ

التُّشَرُّ صُدُوعٌ عَشْشِيَّةٌ صُخْرِيَّةٌ تَتَوَاجَدُ فِي الْمَنَاطِقِ الْجَبَلِيَّةِ.

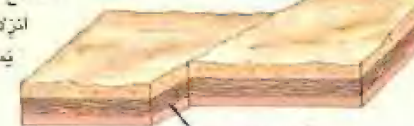
## صَدْعٌ عَكْسِيٌّ

يَتكوَّنُ الصَّدْعُ العَكْسِيُّ بِالانْضِعَاطِ، فَيَتَحَرَّكُ إِحْدَى الكُتْلَتِ صُغْدًا بِالنَّسَبِ إِلَى الْآخَرِ.

## صَدْعٌ مُتَّجِعٌ انْزِلَاقِيٌّ بَسِيئِيٌّ

فِي صَدْعِ المُتَّجِعِ الانْزِلَاقِيِّ، تَتَحَرَّكُ الكُتْلَتُ جَانِبِيًّا وَلَيْسَ عَمُودِيًّا.

صَدْعٌ مُتَّجِعٌ انْزِلَاقِيٌّ بَسِيئِيٌّ



فِي صَدْعِ المُتَّجِعِ الانْزِلَاقِيِّ، تَتَوَاجَدُ الْمَقَابِلَةُ إِلَى الْمَقَابِلَةِ.

صَدْعٌ مُتَّجِعٌ انْزِلَاقِيٌّ بَسِيئِيٌّ

## أنواعُ الصَّدْعِ

أحيانًا، وبِالتَّوَرُّدِ عَادَةً وَلَيْسَ بِالصَّغْطِ، لَا تُشَكِّلُ الصُّخورُ وَلَا تُطَوَّرُ؛ بَلْ تَتصدَّعُ إِلَى كُتْلٍ يَتَحَرَّكُ بِبَعْضِهَا بِالنَّسَبِ لِبَعْضٍ أَوْ إِنَّهُ سَبَقَ لَهَا أَنْ فَعَلَتْ ذَلِكَ. وَيُعرَفُ هذا بِالصَّدْعِ، وَيُسمَّى الْمَطَافِي السَّطْحِيَّةُ الَّذِي تَزَلُّقُ قِبَالِ الكُتْلِ غَيْرَ بَعْضِهَا مُستَوِي الصَّدْعِ.



## صَدْعٌ سَانَ أُنْدَرِيَّاسَ

يَقطَعُ صَدْعُ سَانَ أُنْدَرِيَّاسِ الْهَائِلُ سَهْلَ كَارِينِزُو بِطُولِ ٤٥٠ كم جَنُوبِي سَانَ فَرَنَسِكُو وَ ١٦٠ كم شَمَالِي لُوسِ أَنْجُلُوسَ. يُشَكِّلُ هذا الصَّدْعُ صُدْعًا زَلْزَلِيًّا، وَيُعزى إِلَيْهِ التَّسَبُّبُ فِي بَعْضِ الزَّلَازِلِ الرَّبِيعِيَّةِ فِي الْوَلَايَاتِ الْمُتَّحِدَةِ.

## لِمَزيد من المعلومات انظر

- الصَّغْطُ ص ١٢٧
- بِنَاءُ الْأَرْضِ ص ٢١٢
- الْفَارَازَاتُ السَّخْرِيَّةُ ص ٢١٤
- السَّجُونِيَّةُ وَالنَّحَاتُ ص ٢٣٠
- حَقَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤١٤



# الهزّات الأرضيّة

خارطة مناطق الزلازل في العالم



مناطق الهزّات الأرضيّة العميقة  
مناطق الهزّات الأرضيّة السطحيّة

## مناطق الهزّات الأرضيّة

حدوث الزلازل، كما تورا أن التراكيب يحصل على امتداد حافات الصفائح الأرضيّة. فحدث الهزّات السطحيّة حيث تتلاقى الصفائح فعلا عند الشطّح، فيما تحدث الهزّات العميقة حيث تتزلق إحدى الصفائح تحت أخرى.

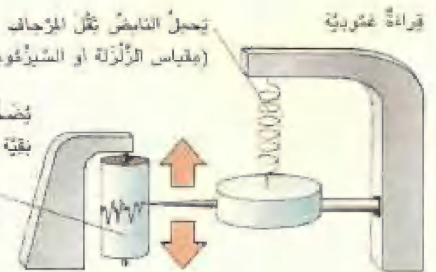
## مقياس مِرْكَلِي

تُقاس شدّة الزلزال أو قوّته الرّجفة، على مقياس مِرْكَلِي المُدرّج على أساس ما يُرى ويُحسّ خلال الهزّة. ويتراوح مدى المقياس بين الدرّجة الواحدة للرّجفات البسيطة جدًا، وبين الدرّجة الثانية عشرة للزلزلة التي تُحدث دمارًا شاملاً وتُسمّى القُطعة، في باطن الأرض، التي تنطلق منها الهزّة بؤرة الزلزال، وتُشعر بشدّته الأعظم في المركز السطحي للزلزلة، وهو النّقطة على سطح الأرض الواقعة تمامًا فوق البؤرة.

قراءة عموديّة  
تحمل النابض ثقل المرحاف (مقياس الزلزلة أو السييزمومتر)

يُضخّم تحوّل بقية الغرفة

الأسطوانات الدوّارة تُسجّل التّحريك المُضخّم.



قراءة أفقيّة

تَهْتَرُ الغُرفة بِشِدَا يُظَلُّ الثَّقَلُ سَاكِنًا.

يُضخّم الاهتزاز بِالْقُدْرَةِ الدَّرَاجِيَةِ.

يُسجّل التّحريك على الأسطوانات الدوّارة.

## المِرْجَاف (السييزمومتر)

المِرْجَاف أو مقياس الزلزلة آلة تُسجّل الهزّات الأرضيّة. نحوي مقياس الزلزلة ثقلاً ثقيلًا جدًا بحيث يظل ساكنًا بينما يهتز كل شيء حوله. تُضخّم الرّجفة بفعل الرّوافع (المقدرة الدَّرَاجِيّة) وتُسجّل على أسطوانات دوّارة.

إنَّ أشدَّ القُوَى والتفجيرات المألوفة لدينا تَظَلُّ صَبِيْلَةً جَدًّا بالنّسبة للقُوّة التي تُمزّق طبقات الصّخر في قشرة الأرض وتُصدّعها. فالطبقات الصّخريّة بطبيعتها لا تتشبي ولا تتصدّع بسهولة، لكنّ التّوتّر الذي تُسبّبه تحرّكات الصفائح الأرضيّة يتنامى عبْر السّنين حتّى تنوء الصّخور تحت وِطَائِهِ، فتصدّع فجأة وتُزاح مُصدّرة أمواجًا صدميّة مُدمّرة يَرْتَجِفُ معها سطح الأرض في تلك المنطقة فيما تُسمّى زلزالًا أو هزّة أرضيّة. وقد يلي الرّجفة الزلزليّة الأولى سِلْسِلَةٌ من الرّجفات اللاحقة على مدى بضعة أيام تاليّة؛ ثُمَّ تَخبُو عندما تَستَقِرُّ الصّخورُ في مَواقِعها الجديدة.

مقياس مِرْكَلِي

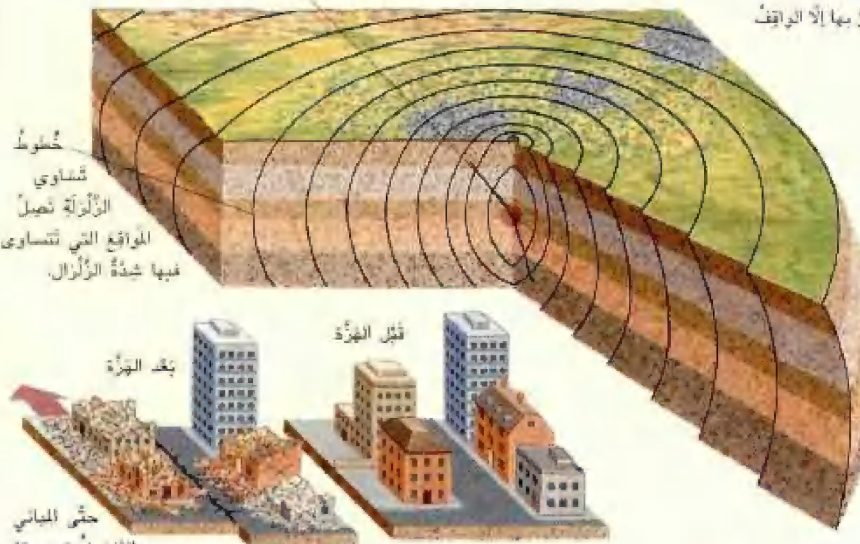
هزّات الدرّجة الشاويّة



هزّات الدرّجة الثّانيّة على مقياس مِرْكَلِي، تكون خفيفة فلا تُشعر بها إلا الواقف في طابق علويّ.

تحريك الطّحور الأعظم يحدث في بؤرة الزلزال.

تُطغَم النوافذ وتُحرّك الأثاث وتُسقط أثاثيّة المِخَنَّة ويلاطها.



يُراعى عند تصميم المباني في مناطق الهزّات الأرضيّة، تخفيف الخطر قدر الإمكان، فالمباني العالية ينبغي أن تترجّع دون أن تتصدّع، وتُشاد الخفيفة من موادّ خفيفة. قد تُشاهد بفعل هزّة عنيفة، وقد تُصدّق المباني العالية أكثر من الخفيفة. والمعلوم أنّ النار والأمراض هي الخطر تعقّب الزلازل دائمًا.

## التدمير الشامل

على درجة ١٢ من مقياس مِرْكَلِي يكون التدمير شاملاً. فتشوّج الأرض بتفجّرات كأمواج البحر، وتُذفّ الأجسام في الهواء، وتُدمّر المباني تدميرًا كاملاً، كما تتغيّر المعالم الجغرافيّة للمنطقة بشكلٍ دائم، ولحسن الحظّ فإنّ قِلّة من الهزّات تبلغ هذه الدرّجة من الشدّة.

لزيد من المعلومات انظر
القُوَى والخرقة ص ١٢٠
الاهتزازات ص ١٢٦
بُنيّة الأرض ص ٢١٢
القارّات المتحرّكة ص ٢١٤
تُشوّه الجبال ص ٢١٨
حقائق ومعلومات ص ٢١٨



عُشِدْ هزّة أرضيّة في أوزبكستان، بِرُكْبَا.



# الصُّخُورُ وَالْمَعَادِن

الأرض التي نَمشي في مَنَاجِهَا، ونُسَبِّدُ المَبَاني عَلَيْهَا، ونَرْزَعُهَا بَسَاتينَ وَحُقُولًا تتَأَلَّفُ من صُخُورٍ؛ وَكُلُّ صُخُورِ الأَرْضِ تتَأَلَّفُ من كِيَمَاوِيَّاتٍ تُسَمَّى مَعَادِن. بِالْفَحْصِ المِجْهَرِيِّ، يَتَبَيَّنُ أَنَّ الصُّخْرَ مُؤَلَّفٌ من بِلُورَاتٍ مَعْدِنِيَّةٍ مُتَبَايِنَةٍ تَتَنَامى وَتَتَدَاخَلُ مَعًا كَالْفَسْفِسَاءِ. وَلَا يَحْوِي الصُّخْرُ المَعِينُ عَادَةً أَكْثَرَ من سِتَّةِ أَنْوَاعٍ من المَعَادِن، لِكُلِّ نَوْعٍ مِنْهَا تَرْكِيبُهُ الكِيَمَاوِيُّ المُمْتَرِزُ. وَتَتَأَلَّفُ قِشْرَةُ الأَرْضِ من ثَلَاثَةِ أَنْوَاعٍ مُتَبَايِنَةٍ النَشَأَةِ من الصُّخُورِ هِيَ البُرْكَانِيَّةُ (أَو النَّارِيَّةُ) وَالمُتَحَوِّلَةُ وَالرُّسُوبِيَّةُ. فَالصُّخُورُ البُرْكَانِيَّةُ تَنْشَأُ من تَصَلُّبِ الطُّهَارَةِ السَّائِلَةِ بِالرُّودَةِ. وَتَنْشُجُ الصُّخُورُ المُتَحَوِّلَةُ من تَحَوُّلِ الصُّخْرِ كِيَمَاوِيًّا بِالحَرَارَةِ أَو الضَّغْطِ إِلَى صَخْرٍ مُخْتَلِفِ النَوْعِيَّةِ. أَمَّا الصُّخُورُ الرُّسُوبِيَّةُ فَتَتَكَوَّنُ بِتَلَاحُظٍ قُتَابِ الصُّخُورِ وَأَنْوَاعِ الحُتَابِ وَالأَنْقَاضِ الأُخْرَى.



بِلُورَاتُ المَرْوِ  
الرُّسُوبِيَّةِ



مَرْوٌ قَرْنَقَلِيٌّ  
الْمَرْوُ

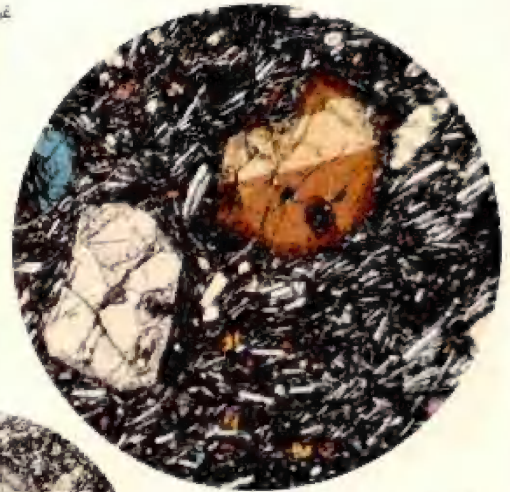
## أَنْوَاعُ الغَرَانِيتِ المُخْتَلِفَةِ

فِي بَعْضِ الصُّخُورِ  
كَالغَرَانِيتِ، تَتَكَوَّنُ بِلُورَاتُ  
المَعَادِنِ مِنَ الكِبَرِ بِحَيْثُ  
تَرَى بِالْعَيْنِ المُتَحَوِّلَةَ. يَتَأَلَّفُ  
الغَرَانِيتُ من مَعَادِنِ المَرْوِ (الكوارتز)  
وَالهَلْسِيَارِ وَالمِيسِيكَاةِ وَقَدْ يَكُونُ لَوْنُ  
الصُّخْرِ قَرْنَقَلِيًّا أَوْ زَمَادِيًّا. تَلْبَغُ لِبَوحِ  
الْقَلْبَسَارِ الَّذِي يَحْوِيهِ.



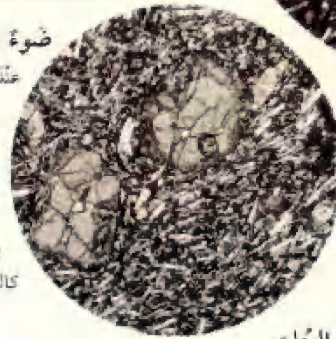
غَرَانِيتُ البَيُونِيتِ

غَرَانِيتُ لَقْطِي



## ضَوْءٌ مُسْتَقْطَبٌ

عِنْدَ لَحْظِ شَرِيحَةِ صَخْرَةٍ بِمِجْهَرٍ مَرْوٍّ  
بِمُرْشَحٍ مُفْرَدٍ الإِسْتِقْطَابِ (يَسْمَحُ  
بِمُرُورِ أَمْوَاجِ ضَوْئِهِ مُعَيَّنَةٍ فَقَطْ)  
تُظْهَرُ المَعَادِنُ كُلُّهَا عَلَى جِدَةٍ،  
شَفَافَةٍ فِي مُعْطِيهَا. وَقَدْ يُظْهَرُ  
بَعْضُهَا لَوْنًا صَبِغًا وَقَلَّةً مِنْهَا،  
كَالحديدِ، تَبْدُو طَلِيلَةً كَاجِدَةً بِالكَامِلِ.



## صَخْرٌ مَرْوُوجٌ الإِسْتِقْطَابِ

إِذَا تَمَحَّضْنَا الشَّرِيحَةَ الصُّخْرِيَّةَ نَلْمَسُهَا غَيْرَ  
مُرْشَحِينَ مُسْتَقْطَبِينَ تَبْدُو المَعَادِنُ فِي  
لَسْتِي رَاجِعٍ مِنَ الأَلْوَانِ وَتَتَغَيَّرُ هَذِهِ  
الأَلْوَانُ إِذَا مَا دُوِّرَتِ الشَّرِيحَةُ تَحْتَ  
المِجْهَرِ. وَبِمُكْنِ تَعْيِينِ هُويَّةِ  
المَعَادِنِ كُلِّهَا عَلَى جِدَةٍ من  
مُظْهَرِهِ وَمِنْ تَغْيِيرَاتِ  
الْوَانَةِ.



هِيَمَاتَيْتٌ، خَامٌ  
حَدِيدِيٌّ

## الهِمَاتَيْتِ

تَحْوِي الحَامَاتُ المَعْدِنِيَّةُ فِلِزَاتٍ يُمَكِّنُ قَطْلَهَا  
بَسُوءَةً كَالهِمَاتَيْتِ أَحَدِ حَامَاتِ الحَدِيدِ.  
فَالْحَدِيدُ فِلِزٌ مُتَبَيَّنٌ مَرْوٌّ (قَابِلٌ لِلنَّشِ) يُمَكِّنُهُ  
الِاتِّحَادُ مَعَ فِلِزَاتٍ أُخْرَى لِتَكُونِ سِيَانَتُكَ.  
وَأَسْتِيعَالَاتُ الحَدِيدِ وَابْتِغَاءُ التَّلَاقِ - مِنْ  
صَنْعِ الإِزْرِ وَالمَقْشَاتِ إِلَى وَرْشِي وَأَشْعَالِ  
الْإِنشَاءَاتِ الصَّنَاعِيَّةِ الضَّخْمَةِ.



بِلُورَاتُ الجِمْشَيْتِ  
تَوَلَّفَ جِتَارًا  
خَوْلَ جَوْزَةٍ  
صَخْرِيَّةٍ

## الْخَلِيقِ

بَعْضُ المَعَادِنِ جَمِيلٌ أَحَادٌ،  
لِذَا يُسْتَعْمَلُ فِي صِنَاعَةٍ  
الْخَلِيقِ. وَتَعْتَبِدُ قِيَمَةُ مَعَادِنِ  
الْخَلِيقِ هَذِهِ عَلَى لَذَرَتِهَا  
وَمِقْدَارِ الطَّلَبِ عَلَيْهَا.



## سَلَمٌ مُوَهَّزٌ

يُمَكِّنُ تَعْيِينِ هُويَّةِ المَعَادِنِ مِنْ صَلَادَتِهَا.  
فَالْمَعْدِنُ الَّذِي يَسْتَطِيعُ خَدَشُ مَعْدِنٍ أُخَرَ هُوَ  
أَصْلَدُ مِنْهُ. وَيَتَرَاوَحُ سَلَمُ مُوَهَّزٍ لِقِيَاسِ صَلَادَةِ  
المَعَادِنِ بَيْنَ ١ وَ ١٠ - بِاعْتِبَارِ صَلَادَةِ الطَّلُقِ  
(الَّتِي المَعَادِنُ) ١، الجِيسُ ٢، التَّكْلَسْتِ ٣،  
الْفِلُورَيْتِ ٤، الأَبَانَيْتِ ٥، الأَوْرْتُونُكْلَازِ ٦،  
الكُوَارْتِزِ ٧، الثُّوبَازِ ٨، الكُورْنُومُ ٩  
وَالْمَاسُ ١٠ (أَصْلَدُ المَعَادِنِ).



الْمَاسُ



الطَّلُقُ (الْثَلَكُ)

## الْحُجْرَةُ الصُّخْرِيَّةُ (الْمُبْطَنَةُ بِالْبِلُورَاتِ)

قَدْ تَلَوَّبَ مَعَادِنُ الصُّخُورِ فِي المَاءِ أَوْ فِي  
سَوَائِلِ بُرْكَانِيَّةٍ مَارَّةٍ غَيْرِهَا، وَتُخْضَلُ إِلَى  
مَوَاقِعٍ أُخْرَى. وَالمَعَادِنُ الَّتِي تَتَرَاكُمُ  
عَلَى جَوَابِ تَحْوِيحِ صَخْرَةٍ قَدْ تُكَوَّنُ  
حُجْرَةً صَخْرِيَّةً مُبْطَنَةً بِالْبِلُورَاتِ.

## لِمَزِيدٍ مِنَ المَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- التَّرَاثُفُ الكِيَمَاوِي ص ٢٨
- البِلُورَاتِ ص ٣٠
- العُنَاصِرُ ص ٣١
- الْحَرَكَاتُ ص ١٠٩
- بِنْيَةُ الأَرْضِ ص ٢١٢
- حَقَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤١٥



# الصخور البركانية

أثناء احتراق الشمعة يَصُبُّ بعض الشمع السائل قطرات على جوانبها ويتجمد. هكذا تتكوّن الصخور البركانية إذ تتصلّب من كتلة صخرية منصهرة كما تتصلّب اللابة المنسابة عندما تبرد على حواف بُركان. ونظراً لفاعليّة العامل الحراري في تكوين الصخور البركانية، فقد سُمّيت أيضًا «الصخور النارية». هنالك نوعان رئيسيان من الصخور البركانية: النابضة السطحيّة والمندسة الجوفيّة. الأنواع السطحيّة تنشأ من تصلّب الصّهارة بسرعة فوق سطح الأرض كما اللابة؛ وهذا يَكسيبها نَسْجَةً بلوريّة دقيقة الحبيبات. أمّا الصخور الجوفيّة فننشأ من صّهارة تصلّبت بالتبريد البطيء عميقاً تحت سطح الأرض لِتُنتِج صَخراً خشن النَسْجَةِ البلورية كبير الحبيبات.

## البازلت

البازلت صخر بُركاني سطحي نموذجي تنشأ من اللابة؛ وهو صخر كثيف داكن مُنَوَّد بسبب المعادن المتواجدة فيه، وهو يسبب التبريد السريع دَقِيْق الحبيبات المُتبلّرة.



بلورات الغرانيت كبيرة بحيث تُرى بالعين المُحرّنة.

ينتشأ البازلت عندما تبرد اللابة البركانية فوق سطح الأرض.

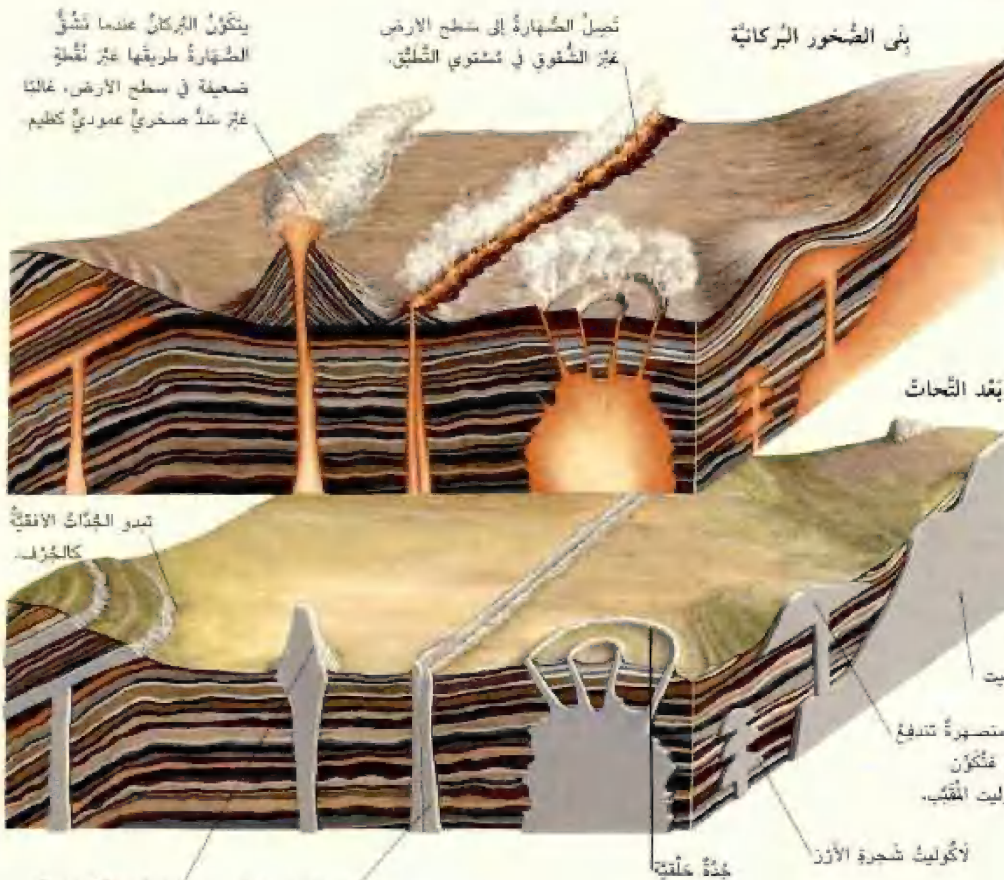


## الغرانيت

الغرانيت صخر بُركاني جوفي، يؤخّذ منه عدّة أنواع كلّها فإنيحة اللون بسبب طبيعة المعادن الفاتحة اللون فيها. ويستغرق الغرانيت وقتاً أطول من البازلت ليتصلّب، مُكوّناً بلورات أكبر حجماً بحيث تُرى بسهولة.

## تكوّن الصخور البركانية

تنشأ الصخور البركانية الخفيفة يسيّة السيليكات، كالبازلت، من صّهارة مادة الدثار الأرضي. أمّا صّهارة مادة الصفائح الأرضيّة فتتكوّن صخوراً بُركانيّة عالية نسبة السيليكات، كالغرانيت، الذي يتصلّب مُتَكَمِلاً ضخمة كالشام الغائر (باتوليت) أو في قباب أنداسميّة (لاكوليت)، أو يتكوّن في الصّدوع مُشَكِّلاً جُذات فاطمة (سدوداً صخرية عموديّة) أو مُوازية أفقيّة؛ أو قد يَنجسُ غير السطح. ولا يُرى الصخر الجوفي إلا بعد تحات الطبقات الفوقيّة.



## رَصَفُ الطُرُق

الصخور البركانية صُلْدَة جداً، والخصباء من كُسارتها تصلح كمادّة رَصَف قويّة جيّدة لتعبيد الطُرُق، خاصّة بعد خلطها بالزُفت؛ لأنّ الزُفت يَمْنَعُ تَنَشُّث معادنها السيلكاويّة (الفسلبار) بالهجوّة.



يُفَرَسُ سطح الطريق بخليل من خصباء الغرانيت والزُفت الساخن.

## جُدّة قاطعة بُركانيّة

عندما تُشَقُّ المادّة المنصهرة طريقها إلى سطح وتتصلّب، تتكوّن صخراً أنداسميّاً متوسط حجم الحبيبات. وهذا الصخر أصلد عادة من الصخور المحيطة به، لذا تصدّد هذا الانداسم بعد التحات كمُعلِم طبيعي أرضي بارز.

### لمزيد من المعلومات انظر

- الكربون ص ٤٠
- نبّة الأرض ص ٢١٣
- البراكين ص ٢١٦
- الصخور والمعادن ص ٢٢١
- حقائق ومعلومات ص ٤١٥



# الصُّخُورُ الرُّسُوبِيَّةُ

القِطْعَةُ (الصخور الرسوبية المُكْتَلَّة)

تتكوّن الطبقات الأخرى إلى صخر رسوبي فتأتي تحته يدعى القِطْعَةُ أو الرصيص. وتشمل الصخور الرسوبية القِطْعَةُ الأخرى الحجر الرُّفْلِيّ -

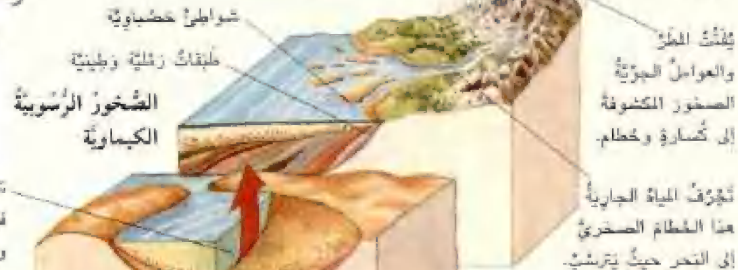
المُؤَلَّف من طبقات الرُّفْل في الصحاري أو على شواطئ البحار - والقِطْعُ المُولَّف من طبقات الوُحْل والطين.

الصُّخُورُ الرُّسُوبِيَّةُ  
القِطْعَةُ

صخر مُشْتَل



لا يُمكنك معرفة ما قد تحويه الصخور الرسوبية؛ فالكثير من أنواع هذه الصخور يتألف من صخور مُتعددة أخرى، أو حتى بقايا حيوانية مُلتصقة بعضها ببعض. تنشأ الصخور الرسوبية من جسيمات مُتراصة كطبقات من الرُسابات تُطْمَر وتُضَعَط لاحقاً فتلتحم بالسُمْنَة إلى كتلة جامدة. يوجد ثلاثة أنواع من الصخور الرسوبية: القِطْعَةُ، وتُؤلف من كُسارة وقُتات صخور سائفة؛ والكِماويّة، وتنشأ بِانفصال المواد الكِماويّة، كالأملاح، المُدابة في الماء، عن محاليلها؛ والحيويّة المنشأ، وتُؤلف من بقايا الكائنات الحيّة.



حجر كلسي صَدَق



تتكوّن مياه بحيرة أو لسان بحريّ تعزولي، فيزاد تركيز الأملاح المُدابة تدريجياً، وأخيراً تترسب.

الصُّخُورُ الرُّسُوبِيَّةُ  
الحيويّة المنشأ

الشعْبُ المرجاني هو نفسه صخر رسوبيّ خفيف المنشاء ويُمكّن إكسارته التنتشرة على قاع البحر تكوين شعْبٍ آخر.

الحجر الكلسي البحريّ

الصُّخُورُ الحيويّة المنشأ تتألف من مواد كانت حيّة في زمن تَقْصِي. يتألف الحجر الكلسي البحريّ أعلاه، من بقايا وشطابيا البحار والأصداف البحريّة؛ كما إن الحجر الكلسي الشعابيّ والقشع البحريّ هما أيضاً متالان على الصخور الرسوبية الحيويّة المنشأ.

في الوقت الحاضر



طبقات الصخر الرُّفْلِيّ أكثر مقاومة للحم من طبقات الطلّ.

طبقات من الرُسابات

الرُسابات التي تُصبّ في النهاية صخوراً رسوبية قد تُغطّي كامل قاع البحر أو بمساحات صغيرة منه. أما حيث تُلقي بيتان، كما في مُصبّ دلتاويّ في البحر، فهناك تَربيع من مختلف أنواع الرُسابات.

بلع صخريّ

البلع الصخريّ

بحريّ مياه البحر معادن مُدابة، فلما غرل شواء من البحر وجفّ تترسب هذه المعادن طبقة في القاع. فالبلع الصخريّ وبعض أنواع الحجر الكلسي هي صخور رسوبية كيماوية نموذجية.

تكوّن الصُّخُورُ الرُّسُوبِيَّةُ

العملية التي تتحوّل بها الرُسابات السائبة في قيعان البحار والأنهار إلى صخور رسوبية صلبة تُعرف بالصخر. ويتم ذلك على مرحلتين: في الأولى، تُضَعَط الرُسابة بفعل الطبقات المُتراكمة المُتزايدة فوقها، فنظرة الجيوب الهوائية، وتُرسّ جسيمات الرُسابات وتتواضع. في المرحلة الثانية، تترسب معادن المياه الجوفية السارية غير الصخور - غالباً الكالسيّة والسليكا - فتراكم فوق جسيمات الرُسابات مُسمّية إياها في كتلة مُضَمَّنة جامدة.

ججارة البناء

إن مُستويات التلّقي - أي فواصل طبقات الصخر المُتغيّرة - تجعل الصخور الرسوبية سهلة الانفلاق والتشكيل. أما الصخور الرسوبية الأضلد والأسك تُعلّقها، كالحجر الرُّفْلِيّ والجيريّ، فتُستخدَم عادةً كموادٍ للبناء.



مُزَلّ من الحجر الأسفر الرُّفْلِيّ في نيويورك، بالولايات المتحدة.

في الوقت الحاضر

الرُسابات التي تُم تحوّلها إلى صخر رسوبيّ، قد تترسب بالتخريكات الأرضية إلى السطح وتعرض للشمس. فالصخور الأصلد، كالحجر الرُّفْلِيّ أو الكلسي، قد تقاوم التآكل، فيما الصخور الأقلّ صلابة، كالقُطْل، قد تتآكل بسرعة، مُشكّلة مُشكّلة أرضيّ مُتدرّجا، وهذه العملية مُستمرّة المُحدث حاليّ.

لمزيد من المعلومات انظر

- البلورات ص ٣٠
- نشوء الجبال ص ٢١٨
- الصخور والمعادن ص ٢٢١
- التجوية والتآكل ص ٢٣٠
- الأنهار ص ٢٣٣



# الصُّخُورُ الْمُتَحَوِّلَةُ

في صناعة الخَبَرِ يُعَجَّنُ الطَّحِينُ والخَمِيرَةُ والماء معاً ثُمَّ يُخَبَرُ (يُسَوَّى) الْعَجِينُ فِي فُرْنٍ حَارٍّ. وبطريقة مُماثلة، تُحوَّلُ الحرارة وضغطُ الصُّخورِ الفُوقِيَّةِ طَبِيعَةَ الصُّخورِ تحْتِها؛ وتُسَمَّى هذه عمليَّةُ التَّحوُّلِ. هُنَالِكَ نوعانِ رئيسيانِ من الصُّخورِ المُتَحَوِّلَةِ، أو سَعْمُها أُنْتِشَارًا الصُّخْرُ الإقْلِيمِيّ والديناميُّ التَّحوُّلِ. ويَطَالُ هذا النوعُ كُنْلاً ومقاديرَ ضَخْمَةً، ويَقَعُ في قَلْبِ سِلَاسِلِ الجِبَالِ وفي أعماقِ قَشْرَةِ الأرض. ويُعرَفُ النوعُ الثَّانِي بالصُّخْرِ الحَرَارِيِّ (الْتِمَاسِيِّ) التَّحوُّلِ، ويتكوَّنُ بالحرارة من صَخْرٍ بُرْكَانِيٍّ مُجاوِرٍ عِنْدَ تَمَاسٍ الصُّخْرَيْنِ؛ ولا يَطَالُ هذا التَّحوُّلُ إِلَّا كُنْلاً ومقاديرَ مَحْدُودَةٍ لا تَتَجَاوَزُ سَمَاقَتَها بِضَعٍ سَتِيْمَتَرَاتٍ.

## الرُّخَام

الرُّخَامُ نوعٌ من الصُّخْرِ الحَرَارِيِّ المُتَحَوِّلِ، يَنْشَأُ بِتَأثيرِ الحرارة على الحجرِ الجيريِّ. وهو مادةٌ بَيَاضٌ ولَبَنِيّ جَدَاةٌ يَفْضَلُ نَسْجَتُهُ الناعمةَ ولبنته المتعابرة تَبَعاً لما به من شوائب. فمن الرُّخَامِ ما هو أبيضُ كالثلج أو مُعَرَّقٌ بِالْبَيْضِ أو الأحمر أو الأخضر أو الرمادي.



رُخَام

يَنْشَأُ لِلْبُلُوتِيَّتِ، وهو صَخْرٌ مُتَحَوِّلٌ من تحركاتِ أحدِ الضُّدُوعِ.

يَتَغَيَّرُ تَرَكيبُ الصُّخورِ بِالتَّحوُّلِ المعدنيِّ، ويَنْشَأُ هذا التَّحوُّلُ بفعلِ الموائعِ الحارَّةِ المُتَقَلِّبَةِ من أُنْدَاسِ بُرْكَانِيَّةٍ.



الإنتيساس

الْبُرْكَانِيَّ يُوَفِّرُ

الحرارة للتَّحوُّلِ

الحَرَارِيِّ

الصُّخْرِ الحَرَارِيِّ

التَّحوُّلِ حَوْلَ

الْإِنْتِيسَاسِ

## تَكَوُّنُ الصُّخُورِ الْمُتَحَوِّلَةِ

الضَّغْطُ والحرارة في أعماقِ الأرض يَهْضِرَانِ الصُّخورَ الرُّسُومِيَّةَ والبُرْكَانِيَّةَ المُتَوَاجِدَةَ وَيُشَوِّهَانِهَا لِتَكَوُّنِ الصُّخورِ المُتَحَوِّلَةِ. ويُعَيَّرُ هذانِ العَاملانِ مَخْتَلَى الصُّخْرِ المُعَدِنِ بِصُورَةٍ كَامِلَةٍ أحياناً كما هي الحالُ في التَّائِسِ، الصُّخْرِ المُتَحَوِّلِ العَالِي الرُّتْبَةِ، وأهميَّةُ هذا التَّحوُّلِ هي في تَغْيِيرِ التَّركيبِ المُعَدِنِ لِلصُّخْرِ في الحَالَةِ الجَايِدَةِ. فلو أُنْصَهَرَ الصُّخْرُ فَقَطْ ثُمَّ تَصَلَّبَ ثَانِيَةً لَفُظَّ صَخْرًا بُرْكَانِيًّا. والصُّخْرُ الإقْلِيمِيّ المُتَحَوِّلُ لا يَنْكَشِفُ إِلَّا بَعْدَ مِلايينِ السَّنِينَ مِنَ التَّحَاتِ.

أَرْدُوَاز

التَّحوُّلُ الضَّئِيلُ يَكْسِبُ بعضَ المعادنِ تَلَوُّزًا جَرْدِيًّا فَقَطْ.

المعادنُ المُتَحَوِّلَةُ تَتَراصَّعُ تَبَعاً لِاتِّجَاهِ الضَّغْطِ.

الصُّخورُ المُتَحَوِّلَةُ العَدِيدَةُ تُظْهِرُ عِلَامَاتٍ أَنْضِيقَاتٍ، لا أَجْزَاءَ مُوجِدَةٍ.



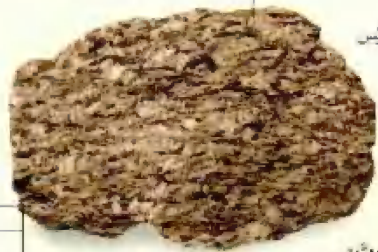
**الأَرْدُوَازُ**  
الأَرْدُوَازُ صَخْرٌ رَمَادِيٌّ دَائِرِيٌّ، بَرَّاقٌ، يَنْقَلِبُ يَسْهُولَةً إِلَى شَرَاخٍ رَقيقَةٍ. بسببِ مُحتَوَاةِ من بُلُورَاتِ البَيَّكَاتِ المُسَطَّحَةِ المُشَكَّلَةِ فيه بِالتَّحوُّلِ، وهو صَخْرٌ إقْلِيمِيّ مُتَحَوِّلٌ خَفِيفُ الرُّتْبَةِ، يَتَكَوَّنُ من تَحوُّلِ صَخْرِ دَقِيقِ الخَبِيَاثِ كَالْقَلْبَلِ.

## الشَّيْت

الشَّيْتُ صَخْرٌ إقْلِيمِيّ مُتَحَوِّلٌ عَالِي الرُّتْبَةِ مُتَعَدِّدُ الأنواعِ، ومَعَادِينُ الشَّيْتِ رَقيقَةٌ أو مُوازِيَةٌ التَّرتِيبِ كَامِلَةً التَّحوُّلِ.

شَيْت

تَائِس



## التَّائِس

التَّائِسُ أعلى رُتَبِ الصُّخورِ الإقْلِيمِيَّةِ المُتَحَوِّلَةِ، تَفْصِلُ مَعَادِينُها في نَقَطٍ مُتَبَعِيَّةٍ، يَصْدُغُ التَّائِسُ في كُلِّ الاتِّجَاهاتِ، إِلَّا على أَمْتِدَادِ النُّقَطِ، كما هي الحالُ في الشَّيْتِ والأَرْدُوَازِ.

## اسْتِعمالاتُ الأَرْدُوَازِ

اسْتِخدامُ الأَرْدُوَازِ كَمَادَةٍ تُسْقِيفُ أو كَنَقْطَحٍ أُنْشِئَ لِلشُّبُورَاتِ الخَفِيفِ بِمُناخِصَةِ المَوادِّ الحَدِيدَةِ. بِيَرَّةُ الأَرْدُوَازِ المُهمَّةُ هي سُهولةُ التَّأثُّقِ، وذلك بِفَضْلِ بُلُورَاتِهِ المِيكَائِيلِيَّةِ المُسَطَّحَةِ.



سَقْفُ مَبْنًى من الأَرْدُوَازِ بِبِرِيطَانِيَا.

## لمزيد من المعلومات انظر

- تَغْيِيرَاتُ الحَالَةِ ص ٢٠
- شُوءُ الجِبَالِ ص ٢١٨
- الصُّخورُ البُرْكَانِيَّةُ ص ٢٢٢
- الصُّخورُ الرُّسُومِيَّةُ ص ٢٢٣
- التَّجْوِيفُ والتَّحَاتُ ص ٢٣٠
- حَقَائِقُ وتَعْلُومَاتُ ص ٤١٥



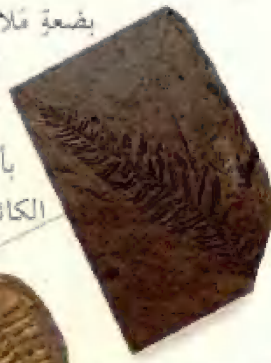
# الأحافير

الرَّهْرَةُ الْمَكْبُوسَةُ بَيْنَ طَيَّاتٍ كَثَابٍ ثَقِيلٍ، أَوْ فِي مَكْبَسٍ أَزْهَابٍ يُمكنُ حِفْظُهَا لِعِدَّةِ سَنَوَاتٍ. كَذَلِكَ تَعْمَلُ الصَّخُورُ عَلَى حِفْظِ النَّبَاتَاتِ وَالْحَيَوَانَاتِ كَأَحْفَافِيرِ. وَالْأَحْفُورَةُ هِيَ بَقَايَا كَائِنٍ عَاشَ فِي زَمَنٍ غَابِرٍ، حُفِظَتْ فِي الصَّخْرَةِ وَقَدْ نَكُونُ جِسْمًا بَكَامِلَهُ، أَوْ عَظْمَةً وَاحِدَةً، أَوْ مُجَرَّدَ أَثَارِ أَقْدَامٍ. تَرَوِي لَنَا الْأَحْفَافِيرُ قِصَّةَ الْحَيَاةِ فِي الْعُصُورِ الْغَابِرَةِ، كَمَا تُسَاعِدُنَا فِي تَأْرِيخِ الصَّخُورِ وَالْبَيْتَاتِ الْقَدِيمَةِ. فَتُحْيِي نَتِيجَ مَسَارَاتِ الْمَامُوثَاتِ (الْفِيلَةِ الْمُنْقَرِضَةِ) فِي قِفَارِ التَّنْدَا فِي الْعَصْرِ الْجَلِيدِيِّ مِنْذُ



أَحْفُورَةُ الْأَثَرِ لَا تَحْوِي أَجْزَاءً مِنَ الْكَائِنِ الْأَصْلِيِّ، إِنَّمَا هِيَ بَقَايَا الْأَثَرِ تَذَلُّ عَلَيْهِ. وَقَدْ تَشَكَّلَتْ هَذِهِ الْأَحْفَافِيرُ دَعْمًا وَبِنَاصِيَةٍ كَافِيَةٍ تَرَاهَا فِي الصُّورَةِ الْمُتَقَابِلَةِ. وَهِيَ وَجِدَتْ فِي صَخَرٍ زَمْلِيٍّ فِي تَوْنِيْجَتِ، بِالْوِلَايَاتِ الْمُتَّحِدَةِ. كَذَلِكَ يُعْتَبَرُ الرُّوثُ الْقَدِيمُ الْمَحْفُوظُ شَرْكًَا مِنَ الْأَحْفَافِيرِ يَدْعُو عُلَمَاءَ الْجِيُولُوجِيَةِ نَحْوًا مُتَحَفِّرًا (كُورُولِيْت).

بَضْعَةُ مِلَايِينَ سَنَةٍ، وَالْدِينُوصُورَاتِ الَّتِي سَادَتْ الْعَالَمَ قَبْلَ ذَلِكَ بِعَشْرَاتِ مِلَايِينَ السَّنِينَ. كَمَا تُثَبِّتُنَا أَنَّ جَمِيعَ أَشْكَالِ الْحَيَاةِ قَبْلَ ذَلِكَ بِأَزْمَانٍ كَانَتْ فِي الْبَحْرِ. إِنَّ كَثْرَةَ مِنْ تِلْكَ الْكَائِنَاتِ حُفِظَتْ بِقَايَاهَا فِي الْأَرْضِ كَأَحْفَافِيرٍ.



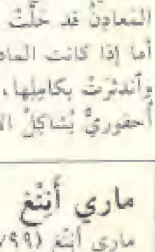
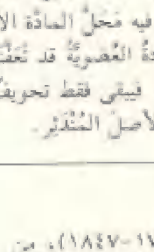
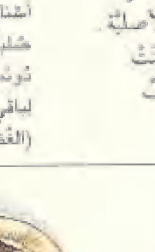
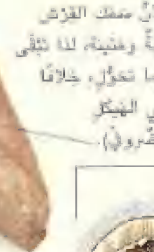
الْحَفْرَةُ الْمُحْتَبَسَةُ فِي شَعْرِ الصَّخَرِ تُحْفَظُ بِكَامِلِهَا عِنْدَمَا يَنْتَوِلُ الطَّفْعُ إِلَى كَهْرْمَانٍ.

## أنواع الأحافير

هناك أنواع عديدة من الأحافير المحفوظة، وتأتي ما يوجد الحيوان أو النبات بكامله. وغالبًا ما يكون الهيكل العظمي منه هو المتبقى - وفي هذه الحالة كثيرًا ما تكون المعادن قد حلت فيه محل المادة الأصلية. أما إذا كانت المادة العضوية قد تفتتت وأندثرت بكاملها، فيبقى فقط تحريف أحفوري يُشاكل الأصل المُتَدَثِّرَ.

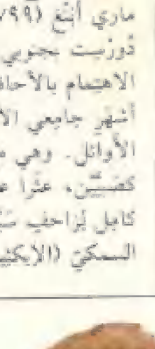
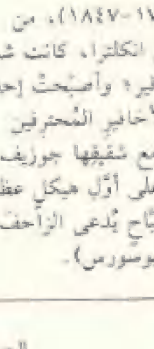
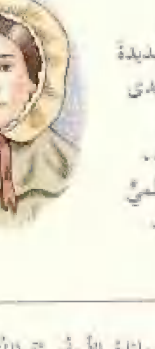
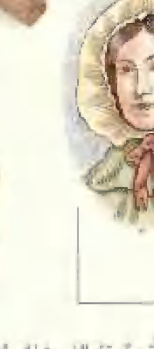
قد تُثَلِّغُ أَوَّلَى النَّبَاتِ فِي الطَّلَلِ تَارِكَةً عَمَلًا رَهِيقًا مِنَ الْكَرْبُونِ بِشَكْلِ الْوَرَقَةِ الْأَصْفِيِّ. وَإِذَا مَا حَدَثَ هَذَا لِعَابَاتٍ بِكَامِلِهَا، فَالْمَتَلَقُّ هُوَ قَعْمٌ حَجَرِيٌّ.

إِلْتِجَالُ النَّبَاتِ الْأَصْلِيِّ بِكَامِلِهَا، قَدْ يَكُونُ تَحْوِيَةً فِي الصَّخَرِ يُدْعَى قَالَتًا فَإِذَا أَمْتَلَأَ الْقَائِلُ بِالْمَعْدَنِ لَاحِقًا، فَإِنَّهُ يَتَبَقُّ أَحْفُورَةُ تُدْعَى شَبَّةً أَوْ مُشَبَّهَةً.



## ماري أنتغ

ماري أنتغ (١٧٩٩-١٨٤٧)، من دُورِيتِ جَنُوبِيِ الْكَتِلَاءِ، كَانَتْ شَدِيدَةً الْإِهْتِمَامَ بِالْأَحْفَافِيرِ وَأَصْبَحَتْ إِحْدَى أَشْهُرِ جَانِبِيِ الْأَحْفَافِيرِ الْمُتَحَفِّرِينَ الْأَوَّلِينَ. وَهِيَ مَعَ شَقِيْقِهَا جُورْجِيَّةَ، كَتَبَتَا، عَمْرًا عَلَى أَوَّلِ هَيْكَلٍ عَظْمِيٍّ كَامِلٍ لِزَاخِيَةِ سَيَّاحٍ يُدْعَى الزَّاحِفِ السَّحْكِيِّ (الْإِكْتِيُوسُورِ).



الْحَيَوَانَاتِ الْأَحْفُورِيَّةِ (الْمُشَبَّهَةِ) الَّتِي تَطُورُ بِسُرْعَةٍ، وَأَنْتَثَرَتْ فِي مَنَاطِقٍ وَاسِعَةٍ مِنَ الْعَالَمِ، هِيَ الْأَكْثَرُ لُغَاً فِي تَأْرِيخِ الصَّخُورِ وَالْأَمُونِيَّةِ. وَهِيَ أَحْفُورَةُ حَيَوَانٍ أَهْلِيَّوِيٍّ الشَّكْلِ فِي سَدَفَةِ حَلَزُونِيَّةٍ، مِثْلَ جَيْدٍ عَرِ تِلْكَ الْكَائِنَاتِ.

يُسَاعِدُ الْأَمُونِيَّةِ فِي تَأْرِيخِ الصَّخُورِ.

مَجْمُوعَةُ أَمُونِيَّةٍ فِي حَجَرٍ طَبَاشِيرِيٍّ أَحْمَرٍ

## التأريخ الأحفوري

الْأَحْفَافِيرُ تُسَاعِدُ فِي تَأْرِيخِ الصَّخُورِ. فَإِذَا حَوَى الصَّخَرُ أَحْفُورَةَ حَيَوَانٍ، نَعْرِفُ أَنَّهُ عَاشَ خِلَالَ عَصْرِ مُعَيَّنٍ، عِنْدَئِذٍ يُمكنُ تَأْرِيخُ الصَّخَرِ مِنْ ذَلِكَ الْعَصْرِ. وَإِذَا وَجِدَتْ فِي ذَلِكَ الصَّخَرِ أَحْفَافِيرٌ عِدَّةٌ مَعْرُوفَةٌ التَّأْرِيخِ، يَصْبِحُ التَّأْرِيخُ أَكْثَرَ دَقَّةً ذَلِكَ لِأَنَّ الصَّخَرِ يَكُونُ قَدْ نَكُونُ وَتَرَكَتْ أَثْنَاءَ تَعَاقُبِ تِلْكَ الْعُصُورِ.



## تِيَرُ سِيْفِيِ الثَّانِي

عِنْدَمَا يَوْجَدُ هَيْكَلٌ عَظْمِيٌّ مُتَطَوِّلًا بِكَامِلٍ، قَدْ يُوَظَّفُ وَيُسَدَّدُ فِي مُتَحَفٍ وَيُقَرَّضُ لِلْعُمُومِ. يَنَالُ ذَلِكَ هَذَا الْهَيْكَلُ الْعَظْمِيَّ الْأَحْفُورِيَّ لِيَتَرَى سَيَقِي الثَّانِي وَجَدَ فِي خَطِّ الْقَارِ فِي لُومِ أَنْجُلُوسَ - كَالِيْفُورْنِيَا، بِالْوِلَايَاتِ الْمُتَّحِدَةِ.

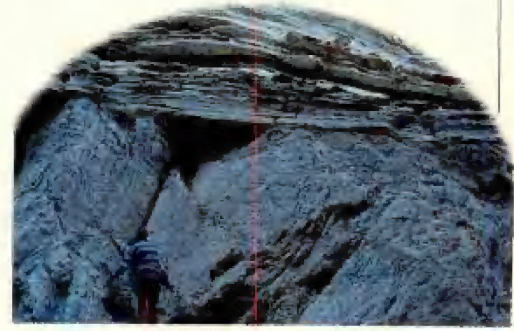
### لُمُزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ أَنْظُرْ

- الْكَرْبُونُ مِنْ ٤٠
- الصَّخُورُ وَالْمَعَادِنُ مِنْ ٢٢١
- الصَّخُورُ الرُّشُوبِيَّةُ مِنْ ٢٢٣
- الصَّخُورُ سِحْلَاتِ جِيُولُوجِيَّةٍ مِنْ ٢٢٦
- الْثَّجُوجَةُ وَالْثَّمَاتُ مِنْ ٢٣٠
- حَقَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ مِنْ ٤١٥



# الصُّخُورُ سِجَلَاتٌ جِئُولُوجِيَّةٌ

الصُّخُورُ التي نُشَاهِدُهَا حَوْلَنَا اليَوْمَ رَاحِرَةٌ بِأَحَافِيرٍ دَلَالِيَّةٍ مِنَ الْمَاضِي تُسَجِّلُ الْكَثِيرَ مِنْ تَارِيخِ الْأَرْضِ، كَأَنَّهَا صَفْحَاتٌ فِي كِتَابٍ. وَلَمَّا كَانَتْ طَبَقَاتُ الصُّخْرِ الرَّسُوبِي قَدْ تَرَسَّبَتْ، عَلَى الزَّمَنِ، بَعْضُهَا فَوْقَ بَعْضٍ، فَإِنَّ الطَّبَقَاتِ السُّفْلَى هِيَ بِالطَّبَعِ الْأَقْدَمُ عَهْدًا. وَالْجِئُولُوجِيُّ الْخَبِيرُ، بِتَحْرِيهِ هَذِهِ الطَّبَقَاتِ بِالذَّرْسِ الدَّقِيقِ، تَبَيَّنَ لَهُ الظُّرُوفُ الْحَيَاتِيَّةُ وَالْبَيْئَةُ الَّتِي تَرَسَّبَتْ فِيهَا كُلُّ طَبَقَةٍ. فَتَرَكِبُ الصُّخْرُ وَبَيْئَتُهُ وَمُحتَوَاهُ الْأَحْفُورِيُّ تَرْسُمُ، بِمَجْمُوعِهَا،



لا تَوَاقُفُ طَبَقَةٍ فِي صَخُورِ الْأَخْضَرِ الْعَظِيمِ (الْغِرَانْدِ كَالْيُونِ) فِي أَوِيذُونَا، بِالْوَلَايَاتِ الْمُتَّحِدَةِ.

## لا تَوَاقُفُ (طَبَقِي)

إِنَّ أَيْ أَنْفِطَاعٍ فِي تَوَالِي الطَّبَقِ الصُّخْرِيِّ يُدْعَى لَا تَوَاقُفًا. وَهُوَ يَحْدُثُ عِنْدَمَا تَرْفَعُ طَبَقَةٌ صَخْرِيَّةٌ لِتَكُونَ بِسِلْسَلَةٍ جَبَلِيَّةٍ، ثُمَّ تُصْبَحُ بِالْخَلْتِ وَالشُّعْرَةِ سَطْحًا مُسَوًيًا يَغْمُرُهُ الْبَحْرُ، وَتَتَرَسَّبُ فَوْقَهُ طَبَقَاتٌ صَخْرِيَّةٌ. وَهَذَا يُحْدِثُ ثَغْرَةً فِي سِجَلِ تَارِيخِ الْأَرْضِ.

## تَعاقُبُ الصُّخُورِ

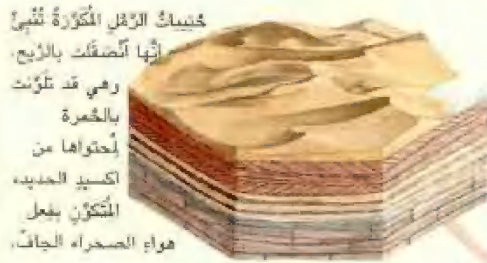
يُسْتَنْقِطُ تَارِيخُ مَنَاطِقٍ مَا مِنْ تَوَالِي صُخُورِهَا وَتَعاقُبِهَا. فَإِذَا لَمْ يَغْتَرِ عُمُودُ الصُّخُورِ أَيْ أَصْطِرَابٌ، تَكُونُ طَبَقَاتُ الصُّخْرِ السُّفْلَى، حَتْمًا، هِيَ الْأَقْدَمُ وَالطَّبَقَاتُ الْأَعْلَى هِيَ الْأَحْدَثُ عَهْدًا - وَهَذَا هُوَ مُبْدَأُ التَّضَائِفِ التَّزَامُنِيِّ. وَهَكَذَا، فَإِنَّ طَبَقَاتِ الصُّخْرِ تُشْتَلُّ عُصُورًا تَعاقَبَتْ وَاجِدَهَا بَعْدَ الْآخَرِ. وَهَذَا التَّمُودِجُ بِحِكْمِ قِطْعَةٍ بِحَرٍّ ضَخْلٍ عَمْرَتُهُ وَلَمَّا نَهَرَ بِالرُّمْلِ ثُمَّ غَدَا فِي النِّهَايَةِ صَحْرَاءَ.

## اكتشافات

١٦٥٠ المُطْرَافُ الْأَرْضِ مِنْ أَوِيْلِنْدَا يُخَلِّدُ الْعَامَ ٢٠٠٤ ق.م. تَارِيخًا لَخَلْقِ الْأَرْضِ.  
١٦٦٩ عَالِمُ الْمَعَادِنِ الْهُولَنْدِيُّ قَوْلَاوَسْ سَتِيو، يَلْحَظُ أَنَّ الصُّخُورَ الرَّسُوبِيَّةَ تَكُونَتْ فِي الْبَحْرِ وَأَنَّ سَقْلَحَ الْبَحْرِ، بِالنَّالِيِّ، يَغْمُرُ دُونًا.  
١٧٨٨ الْعَالِمُ الْجِئُولُوجِيُّ الْأِسْكَتْلَنْدِيُّ جِيَمْسْ هَتُون، يَقَرِّرُ أَنَّ الصُّخُورَ الرَّسُوبِيَّةَ تَكُونَتْ بِالنَّحْتِ وَالْتَرَسُّبِ.  
١٨٣٠-١٨٣٣ الْعَالِمُ الْجِئُولُوجِيُّ الْبَرِيطَانِيُّ، السِّر شَارْلْ لَآيْل، يَنْشُرُ كِتَابَهُ «مَادِي الْجِئُولُوجِيَّة» يَقُولُ فِيهِ إِنَّ الْعَوَامِلَ الْمُؤَثِّرَةَ فِي سَطْحِ الْأَرْضِ حَالِيًا لَمْ تَقْطَعْ قُلُوبَ جَمِيعِ مَرَاكِلِ تَارِيخِ الْأَرْضِ.

## الْعَلَامَاتُ النَّبَارِيَّةُ

التَّقْلِيْقُ الْمُتَمَتِّعُ (الْمَعْرُوفُ بِالْعَلَامَاتِ النَّبَارِيَّةِ) فِي طَبَقَةٍ مِنَ الْحَجَرِ الرَّمْلِيِّ، يُبَيِّنُ أَنَّ الرُّمْلَ قَدْ تَرَسَّبَ فِي نَهْرٍ، وَأَنَّ نَيْلَ النَهْرِ الْمُنْتَعِرِ كَوْنُ «الْأَلْبَسَةِ» الرَّمْلِيَّةِ الْبَاقِيَةِ. عَلَامَاتُ نَبَارِيَّةٌ وَاسِعَةٌ الشُّطَّاقُ فِي صُخُورٍ وَيُذِنُ الرُّمْلِيَّةُ فِي سَابِيكْسْ، بِإِنْكَلْتَرَا.



## البَيْئَةُ الصَّحْرَاوِيَّةُ

فِي الصَّحْرَاءِ، تُشْفِي الرِّيحُ الرُّمْلَ مِنْ مَكَانٍ إِلَى آخَرَ لَيْسَتْفَرَّ مَوَاقِفًا فِي كُنْهَانِ رَمْلِيَّةٍ وَتُشَجِّجُ قُرُونُ خِيَابِ الرُّمْلِ بِالْإِحْتِكَافِ فَيُحْدِثُ مُحْتَارَاهُ مِنَ الْحَدِيدِ بِأَلْسِنَتِهَا الْهَوَاءَ فَتَشَوُّهَا حُمُرَةً مُثْمِرَةً

الصُّخْرُ الْأَحْدَثُ عَهْدًا هُوَ طَبَقَةٌ سَمِيكَةٌ مِنَ الْحَجَرِ الرَّمْلِيِّ الْأَحْمَرِ، وَهَذَا دَلِيلٌ عَلَى بَيْئَةٍ صَحْرَاوِيَّةٍ. الْحَجَرُ الرَّمْلِيُّ مُتَضَائِفٌ الشُّطَّاقُ وَهَذَا يَحْدُثُ مِنْ تَحْدُوكِ كُنْهَانِ الرُّمْلِ بِعَمَلِهَا فَوْقَ بَعْضٍ.

الْمُفْلَقُ يَتَكَوَّنُ مِنَ الرُّجُولِ، وَالْحَجَرِ الرَّمْلِيِّ مِنَ رَمْلِ الضُّفَافِ النَّهْرِيَّةِ، وَالْفَحْمِ الْحَجَرِيِّ مِنَ النِّبَاتَاتِ النَّامِيَةِ فِي تِلْكَ الضُّفَافِ.

## بَيْئَةُ دِلَاوِيَّةُ

فِي الْمَلْتَا، تَجَلَّتْ رَوَافِدُ النِّهْرِ الرَّمْلِيِّ إِلَى الْبَحْرِ، فَيُغْطِي قُرَارَاتِ الْبَحْرِ الْمَوْجَةُ وَتَكُونُ خُزْرًا تَسُو فَوْقَهَا السَّائِاتِ. تَكُونُ هَذِهِ الْخُزْرُ هِيَ خُزْرٌ مُؤَقَّتَةٌ لِأَنَّ عَالَمًا مَا يَغْمُرُهَا الْبَحْرُ لَا جَمْعًا.

عِظَامُ دِينُوسُورٍ وَجُدَتْ فِي يُوتَا، بِالْوَلَايَاتِ الْمُتَّحِدَةِ الْأَمْرِيكِيَّةِ.



عِنْدَمَا تَمُوتُ الْحَيَوَانَاتُ الْمَضَلَّةُ الْبَحْرِيَّةُ تَتَخَضَّعُ أَصْدَاقُهَا عَلَى قَاعِ الْبَحْرِ (إِذَا لَمْ يَكُنْ هُنَاكَ تَبَارَاتٌ قَوِيَّةٌ تُخْرِقُهَا بَعِيثًا). كَرِبُونَاتُ الْكَالْسِيُومِ الْمَلَابَةِ فِي الْمَاءِ تَتَرَسَّبُ كَقَرَارَةٍ مِنَ الْبِلُورَاتِ الْبَيْضِ الدَّقِيقَةِ عَلَى قَاعِ الْبَحْرِ.

## الْأَحَافِيرُ فِي الصُّخُورِ

بَعْضُ الْحَيَوَانَاتِ لَا يَسْتَطِيعُ الْعَيْشَ إِلَّا فِي أَحْوَالٍ بَيْئَةٍ مُعَيَّنَةٍ. إِنْ وَجِدَ مِثْلُ هَذِهِ الْأَحَافِيرِ فِي طَبَقَةٍ صَخْرِيَّةٍ يُبَيِّنُ عُلَمَاءَ الْجِئُولُوجِيَّةِ عَنِ الظُّرُوفِ الَّتِي تَكُونُ فِيهَا ذَلِكَ الصُّخْرُ.



## جيمس هتن

كان الاسكتلندي، جيمس هتن (1747-1796) مؤرخاً جيولوجياً قداماً. فقد نشر في العام 1795، كتاباً بعنوان «نظرية في علم الأرض» بين فيه أن معالم الأرض تطوّرت وتطوّر على مدى العديد من السنين بفعل تغيرات لا تترأ فاعلة في الوقت الحاضر. كما أرتأى أن ليس هناك علامات تدلّ على بداية الأرض، ولا دلائل مستقبلية على نهايتها.

## العصر الطباشيري

استمرّ العصر الطباشيري من 146 مليون إلى 65 مليون سنة قبل العصر الحاضر، تبيّنت في الأرض خلال الزواحف الضخمة، وفي أفضت معظم القارّات الحديثة عن كتلة اليابسة الأم (البانجيا) وغمرت الكثير منها بحار طباشيرية ضحلة.

## العصران الثلاثي والجوراسي

امتدّ العصران الثلاثي والجوراسي من 250 مليون إلى 146 مليون سنة قبل العصر الحاضر، وكانت الزواحف قد أخذت بالتطوّر على الأرض، كما بدأت أم القارّات بالتفكك وتراجعت الصحارى لتحلّ محلّها الغابات والشتتات.

## العصران الكربوني والبرمي

امتدّ هذان العصران من 363 مليون إلى 250 مليون سنة قبل العصر الحاضر. وفيهما تمّ تجلّع القارّات لتأليف كتلة اليابسة الكبرى (البانجيا أو أم القارّات)، وتمت الغابات (التي كوّنت الفحم الحالي) في اللّتاوات حول ما تكوّن من جبال وصحارى.

## العصر الديفوني

دام العصر الديفوني من 409 ملايين إلى 363 مليون سنة قبل العصر الحاضر. وفيه بدأت القارّات بالتحرّك بعضها نحو بعض، وظهرت حيوانات اليابسة الأولى كالحشرات والبرمائيات كما زحرت البحار بالأسماك.

## العصران الأردوفيسي والسيلوري

امتدّ هذان العصران من 510 ملايين إلى 409 ملايين سنة قبل العصر الحاضر. وفي ذلك الزمن، ازدهرت الحياة البحرية وظهرت الأسماك الأولى كما أخذت نباتات اليابسة الأولى تنمو حول الشواطئ ومضات الأنهار.

## المزيد من المعلومات انظر

النشاط الإشعاعي (الفاعلة الإشعاعية)  
ص 26  
بنية الأرض ص 212  
الشخور والمعادن ص 221  
الأحافير ص 225  
التجوية والتحات ص 230

## العصر الرابع

الزمن، منذ 1.64 مليون سنة حتى الوقت الحاضر، يدعى العصر الرابع - ويجلّله حدث العصر الجليدي وتطوّر الإنسان (انظر الرسم المقابل).



## العصر الثالث

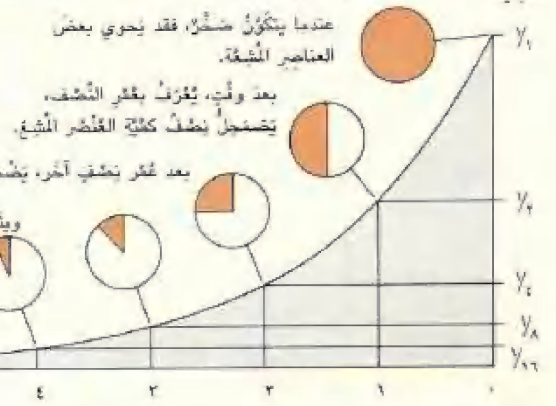
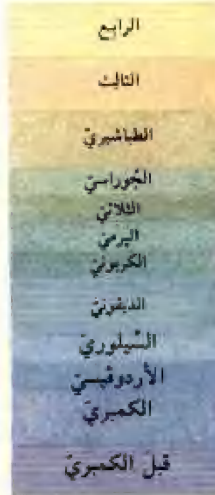
الزمن الممتد من 65 مليون حتى 1.64 مليون سنة خلت، يدعى العصر الثالث. ويجلّله ظهور الليمات (الديناصورات) والطيور لتحل محلّ الديصورات والزواحف الضخمة الأخرى التي انقرضت أو كادت. كما تراجعت الغابات لتحلّ محلّها الشجيرات الغنية وأصبح المناخ أبرد.

## الأزمة الجيولوجية

يمكن توقيت الأحداث في تاريخ الأرض بإحدى طريقتين، الطريقة الأولى والفضلى هي التاريخ المقارن، حيث يؤقّت الحدث قبل أو بعد حدث آخر. أما الطريقة الأخرى فهي التاريخ المطلق حيث تُعطى الأحداث تواريخ فعلية مُحدّدة. لكن التاريخ المطلق عسير جدّاً، إذ إنّ جدول الأزمنة المُحدّدة هكذا قد يتغيّر مع كلّ بنية جديدة تُكتشف.

## عمود جيولوجي

كما ندرج تاريخ البشر بتسمية العصور بأسماء أحداث مشهورة فيها، كالعصر قبل كولموس، كذلك نقسم الزمن الجيولوجي إلى عصور تبعاً لنوع الحياة السائدة في تلك العصور. ونجمل هذه العصور مع كلّ بنية جديدة تُكتشف.



بعد وقت، يُعرّف بقصر التشف، يتسجّل نصف كتلة القطر المشغ.

بعد عشر تشغ آخر، يتسجّل نصف الباقي.

ويتتألف الأضمحلال على هذا النوال وتتناقص نسبياً كمية القطر المشغ المتبقية في الصخر. وبقياس تلك الكمية يمكن أحسّات عمر الصخر.

## العصر الكمبري

امتدّ العصر الكمبري من 570 مليون إلى 510 ملايين سنة قبل الوقت الحاضر. وفيه لم تكن الحياة قد بدأت على اليابسة، لكن مختلف أنواع الحيوانات البحرية كانت متواجدة، والحيوانات الطليدة البحار منها هي التي كوّنت الكثير من أحافير عصرنا الحاضر.

## العصر قبل الكمبري

هذا العصر هو أطول الأزمان الجيولوجية أمداً، إذ يشترق سبعة أزمان تاريخ الأرض حتى 570 مليون سنة قبل الوقت الحاضر. وهو يُقسم إلى عصرين: الأزمن الباكر الذي لم تتواجد فيه حياة، وعصر طلائع الأحياء حيث بدأت بعض أشكال الحياة بالظهور.

## التاريخ الإشعاعي

في معظم الشخور توجد كمية ضئيلة من العناصر المشعّة، ومع مرور الزمن، تنفكّ هذه إلى عناصر أكثر استقراراً. ولما كان العلماء يعرفون معدل تفككها بالضبط، فإنّه يمكن أحساب عمر الصخر من نسبة العناصر المشعّة المتبقية التي تحتويها. فكلما تضاعفت كمية تلك العناصر،

بكون الصخر أغنى وهذا نوع من أنواع التاريخ المطلق.



## الجلیدُ والمثالُج

إذا جُسِّتَ قَبْضَةٌ مِنَ التَّلَجِ فَإِنَّهَا تَتَماسَكَ وَتَصَلِّبُ - ذَلِكَ لِأَن ضَغْطَ الْيَدِ يُحوِّلُ جُسِّمَاتِ التَّلَجِ إِلَى بِلُّوَاتٍ جَلِيدَةٍ. وَيَعْدُثُ الشَّيْءُ نَفْسُهُ عِنْدَمَا تَتَرَاكُمُ كُتَلُ التَّلَجِ الضَّخْمَةُ بَعْضُهَا فَوْقَ بَعْضٍ، مُحَوَّلَةً الطَّبَقَاتِ النَّحِيَّةَ، بِضَغْطِهَا، إِلَى جَلِيدٍ. وَقَدْ يَحْدُثُ هَذَا فِي وَادٍ جَلَبِيٍّ أَوْ مَنَاحٍ تَظَلُّهُ سُلَيْلَةُ جَلِيدَةٍ، حَيْثُ يَتَرَاكُمُ التَّلَجُ، دُونَ أَنْصَهَارِهِ، سَنَةً بَعْدَ سَنَةٍ. فَيَكُونُ التَّلَجُ الْمَضْغُوطُ فِي التَّجَاوِيفِ كَتَلًا جَلِيدَةً، تَتَحَرَّكُ بِطَءٍ نَحْوَ الشَّفُوحِ الْأَخْفَضِ تُعَرَّفُ بِالْمَتَالِجِ. وَفِي الْقَارَّاتِ الْبَارِدَةِ، يَتَرَاكُمُ الْجَلِيدُ مُكَوَّنًا فَلَانِسَ جَلِيدِيَّةً ضَخْمَةً.



بحيرة على ارتفاع ١٨٠٠ م في وادي قلنكا سنودينا، تولىنا-  
شيكو سلوفاكيا.

بَعْدَ الْمَلِجَةِ

يُبدل مُلحاحات الأودية ضعفاً كبيراً على قاعدة الوادي وجوانبه فتشعلها. وعندما ينصهر الجليد لاحقاً يبدو الوادي نوعي الشكل - عمودي الجانبين مُسطح القاع.

مَشَلْجَةٌ وَدِيَانِيَّةٌ

يبدأ جليد الثلجة بالتحرك مليساً نظماً مغطى بالثلج، لكنه سرعان ما يتصدع ويتقطع بفتات الصخور الشائكل من جوانب الوادي، أما طرف الثلجة السفلي (أو الحطيم) فيبدو أكثر اتساعاً لأن بعض الصخور الدفينة تظهر الآن على السطح، كما إن الفجاج والأنفاق التي تحفرها مياه الانصهار في الجليد، تزيد في اتساعها.



الأنقاض الجليدية

المواد الصخرية التي تلتصقها التلجحات وتحملها معها ثم  
تُحطها بالانصراف تدعى ركامًا خليدًا. وقد يجري الركام كومة  
من الحصى أو جلاية ضخمة كانت قد حملت لعدة أميال، إن  
معظم طبقة الأرض في نصف الكرة الشمالي قد تلتفت من  
الزمن الجليدي التي خلفتها الفترات بعد العصر الجليدي.

جبال الجليد في نصف الكرة الشمالي

عندما تصل المثلجة إلى البحر، خاصة على  
أقدام سواحل جرينلاند، يُمازجها الفد  
والجزر والأمواج ضوفاً وهبوطاً، فتصدع  
(توتل) منها قطع ضخمة تقطع بعيناً كجبال  
جليدية.







# التَّجْوِيَّةُ وَالتَّحَاتُّ

يَتَغَيَّرُ سَطْحُ الْأَرْضِ بِاسْتِمْرَارٍ. فَتَحْرُكَاتُ الْكُتْلِ الصَّفَانِيَّةِ الْأَرْضِيَّةِ تَرْفَعُ الْجِبَالَ وَتَبْنِي الْقَارَاتِ. وَفِي الْوَقْتِ نَفْسِهِ تَتَأَكَّلُ هَذِهِ السُّطُوحُ الْجَدِيدَةُ ثَانِيَةً فَتَبْلَى وَتَتَفَتَّتْ فِي عَمَلِيَّةِ التَّعْرِيبِ وَالتَّحَاتِّ الَّتِي تَسَبَّبُ بِهَا عَوَامِلُ طَبِيعِيَّةٌ عَدِيدَةٌ. أَهْمُهَا عَامِلُ الطَّقْسِ. هُنَالِكَ نَوْعَانِ مِنَ التَّجْوِيَّةِ - طَبِيعِيٌّ وَكِيمَاوِيٌّ. فَالْتَّجْوِيَّةُ الطَّبِيعِيَّةُ تَتِمُّثَلُ فِي كَسْحِ الرِّيحِ، وَجَرَفِ الْأَمْطَارِ، وَشَدِّ الْجاذِبَةِ. أَمَّا التَّجْوِيَّةُ الْكِيمَاوِيَّةُ فَتَتِمُّثَلُ بِفَعْلِ أَحْمَاضِ مِيَاهِ الْمَطَرِ فِي إِذَابَةِ الصُّخُورِ.

أثر التجوية والتحات في الصخور



## الجبال الميحادية

الثلال المندورة المتفرقة في المناطق الجافة، كالأولورو (صخور أيرز) بأستراليا، كانت قد تأكلت بالتجوية الطبيعية والكيمائية؛ ويُعرف واحدًا بالميحاد (إنسليج)، فالمطر على قلته يُنْخَرِبُ طبقات الصخر السطحية؛ وتوالي التندب والتقلص يوميًا في النهارات الحارة والليالي الباردة يُشَقِّقُهَا وَيُقَلِّقُهَا.

يتساقط  
الصخر  
طبقة طبقة،  
ويُعرف هذا  
بالتجوية المتفترية.

صخور مسطحة  
تُعرف بالروجن  
متواجدة في  
بوناكايكي، الجزيرة  
الجنوبية، بنينوزيلندا



## الأعمدة الطليئة الأرضية (الروجن)

الرَّمْلُ الَّذِي تَلَدُّهُ الرِّيحُ يُسَبِّبُ التَّحَاتَّ. فَالصُّخُورُ الْمَكْشُورَةُ يَنْتَقِلُ إِلَى أَشْكَالٍ غَرِيبَةٍ مُلَسَاءٍ صَغِيلَةٍ. يُخَذُّ مُعْظَمُ التَّحَاتِّ بِالْفَرْشِ مِنْ سَطْحِ الْأَرْضِ يَكُونُ جُوفًا مُتَعَلِّقَةً وَشَىْ صَخْرَةً مُتَعَلِّقَةً كَالْأَعْمِدَةِ الطَّيْلِيَّةِ تُدْعَى رُوجِنَ.



## تأثيرات التَّجْوِيَّةِ

التَّجْوِيَّةُ الصَّخْرَاوِيَّةُ مَرِيحٌ مِنَ الشَّرَابِ النَّاعِمِ وَالرَّمْلِ وَالْحَصَى الْخَفِيَّةِ. تَدْرُو الرِّيحُ الْمَوَادَّ الدَّقِيقَةَ تَارِكَةً الْحَصَى الثَقِيلَةَ الَّتِي تُشَكِّلُ لَاحِقًا قُبُورَةً مُتَّصِلَةً تُرَفِّقُ عَمَلِيَّةَ التَّحَاتِّ.

## الرِّيحُ الصَّخْرَاوِيَّةُ

الرَّمْلُ الَّذِي تَسْفِيهِ الرِّيحُ هُوَ أَعْظَمُ الثَّقَوَى التَّحَاتِّيَّةِ فِي الصَّخْرَاءِ. إِنَّ تَلَدُّهُ الثَّيَابَ فِي السَّائِطِ الصَّخْرَاوِيَّةِ تَحْرِمُ التَّرِيَّةَ تَمَاسُكُهَا بِشَبَكَاتِ الْجُدُورِ؛ إِضَافَةً إِلَى عَدَمِ وَجُودِ مَا يَكْفِي مِنَ الرُّطُوبَةِ لِتَلَاصِقِ الْجُسَيْمَاتِ بَعْضُهَا مَعَ بَعْضٍ. لَذَا تَحْمِلُ الرِّيحُ الرَّمَالَ السَّائِبَةَ وَتَدْرُمُهَا فِي الْعَوَاصِفِ الرَّمْلِيَّةِ، فَتُسْفَعُ بِهَا الصُّخُورُ وَتَحْتَنُهَا رَمْلًا يُسْتَعْدَمُ فِي حَتِّ جَدِيدٍ.



يُشِيرُ السَّهْمُ إِلَى أَتْجَاهِ هُبُوبِ الرِّيحِ

تُشِيرُ الْأَسْهُمُ إِلَى عَدَى  
أَرْتِفَاعِ الرَّمْلِ بِدْرِ الرِّيحِ  
وَالِ أَتْجَاهِ أَرْتِفَاعِهِ.

الرِّيحُ الْقَوِيَّةُ تَسْفَعُ  
الْحَصَاةَ مِنْ أَحَدِ  
جَوَانِبِهَا.

تُشَارِجُ الْحَصَاةُ  
يُعْرَضُ سَطْحُهَا  
جَدِيدًا مِنْهَا لِلشَّمْعِ.

بِالْجَنَاحِ ذَلِكَ الْجَانِبِ يُخْتَلُّ  
تَوَارُّدُ الْحَصَاةِ فَتَتَقَلَّبُ.

الْحَصَاةُ الدَّائِمَةُ  
ذَاكَ عِدَّةُ أَوْجُو  
سُطْحِيَّةٌ صَغِيلَةٌ.



## خَصَى ثَلَاثِيَّةُ الْفَرْنِ

الْخَصَى الْمُنْتَشِرَةُ عَلَى سَطْحِ الْأَرْضِ تَلْقَى سَهْمًا زَمَلِيًّا شَدِيدًا، يَنْحُثُ أَحَدُ جَوَانِبِ الْحَصَاةِ بِسُرْعَةٍ يَخْتَلُّ تَوَارُّنُهَا وَتَمِيلُ لِيَنْعَرِضَ وَجْهًا آخَرَ مِنْهَا لِلشَّمْعِ الرَّمْلِيِّ. فَتَصْبِحُ الْحَصَاةُ آخِرًا صَغِيلَةً الشَّلُوحِ ثَلَاثِيَّةُ الْفَرْنِ فِي الْغَالِبِ. وَتُسَيَّرُ الْخَصَى الْأَكْثَرُ عَلَى الشَّوَاهِدِ أَوْ فِي قِيَعَانِ الْأَنْهَارِ الْجَائِفَةِ هَذِهِ الظَّاهِرَةُ بَوَاضِحٍ.

## صَخُورٌ فُطْرِيَّةُ الشَّكْلِ

تَتَفَتَّرُ جُسَيْمَاتُ الرَّمْلِ كَالْكُرَةِ عَادَةً بِالرِّيحِ الْغَرِيبَةِ مِنْ سَطْحِ الْأَرْضِ لِيُثَلِّفَهَا. وَتَنْبِجَةُ لِعَمَلِيَّةِ الطَّفْرِ هَذِهِ يَحْصُلُ مُعْظَمُ التَّحَاتِّ. فَيُضِلُّ مُرَابَّةً مَرَّ وَاحِدٍ مِنْ سَطْحِ الْأَرْضِ. فَالْقِيَابُ الرِّجِيَّةُ الْعَالِيَةُ تُخَدُّ قَرِيبًا مِنْ قَاعِهَا فَقَطْ، فَتَخَذُّ شَكْلًا مُعْتَمَقًا كَقَطْعِ غَرَبِ الْغَرَابِ، وَتُدْعَى رُوجِنَ.



كُتُبَانُ رَمَلِيَّةٍ

تَرَامُ الرَّمَالُ الْمَلْرِيَّةُ، مِنْ أَثَرِ الصَّحْرَاءِ  
السَّابِيَةِ عَادَةً، أَتَوَامًا تُدْعِي كُنُشَانًا رَمْلِيَّةً.  
وَتَقُلُّ الرِّيَاحُ هَذِهِ الْكُنُشَانَ تَدْرِجِيًّا مِنْ مَكَانٍ  
إِلَى آخَرٍ، خُشُّ الْمَنَاطِقِ الصَّحْرَاوِيَّةِ فِي  
العَالَمِ فَقَطْ هِيَ صَحَارٌ رَمْلِيَّةٌ، تَتَكَوَّنُ فِيهَا  
الْكُنُشَانُ بِأَشْكَالٍ عَدِيدَةٍ مُخْتَلِفَةٍ.

الْكُتْبَانُ الْهَلَالِيَّةُ (الْبَرْخَانِيَّةُ)

أشهر أنواع التُّبَان الرَّمْلِيَّة هي التُّبَانُ الهَلَالِيَّة. وهي تتخذ هذا الشكل لأنَّ سَفْحِي الرَّمَال عند طرفي الكُتَيْب أكثر منه في الوسط. وتُشكِّل التجمُّعات الكثيرة من هذه التُّبَان الهَلَالِيَّة تَسَطُّعَ الأَرْض الرَّمْلِيَّة السودِيَّة الشَّهْبَة بصفحة البحر، كما في الصَّحراء الكُونِيَّة.



چراغیت قنقل نجر فی کورنول، مانکرا

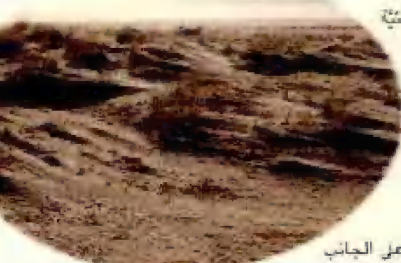
## الجرانيت النحمر

بعض المعادن، كالفلسبار، أحيد مقومات  
الجرانيت، عرضة للشحونة الكيماوية. فحال  
تفاعل الفلسبار مع مياه الأمطار الحمضية،  
تتفكك المعادن الأخرى ويهتئ الجرانيت.



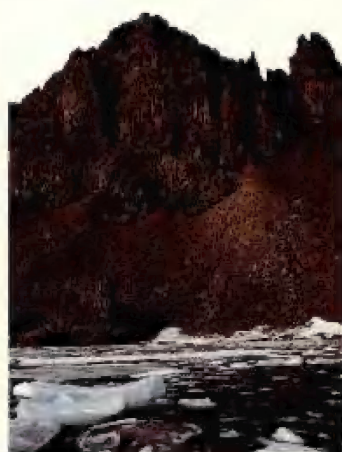
الجُرْفُ الصَخْرِيَّةُ والفِجَاجُ

الكالسيوم عُرِضَ لِلتَّغَيُّرِ بِالتَّحْوِيلَةِ الْكِيمَاوِيَّةِ .  
فَتَحْوِيلُهُ يَتَغَيَّرُ الصُّخْرُ الْكَلْسِي لِلْمَطَرِ ، يَتَحَلَّلُ  
الْكَالْسِيُّ عَلَى السَّلْعِ وَعَلَى أَمْتِدَادِ  
السُّقُوفِ . وَهَكَذَا يَنْتَحِلُ الصُّخْرُ إِلَى جُزْئِ  
تَفْصُلِهَا شَتَّى مَوْجَعَةٍ تُدْعَى الْفَجَاجِ .



كُتُبَانُ رَأْسِيَّةٍ وَذَيْلِيَّةٍ

تَكُونُ الْكُتَابُ الرِّاسِيَّةُ وَالذَّلِيلَةُ قُرْبَ مَقْدُودٍ أَوْ عَائِقٍ كَجَسَدٍ مَثَلًا، فَتَرَاهُمْ  
الرِّمَالُ مُكُونَةً رَأْسَ الْكُتَيْبِ أَمَامَ الْعَائِقِ، وَالذَّلِيلُ  
خَلْفَهُ. لِأَنَّ هَذِهِ الْكُتَابُ عَلَى أَنْوَاعٍ -  
فَالْكُتَيْبُ الْمُتَقَدِّمُ، مَثَلًا، قَدْ يَرْتَبِعُ  
عَلَى مَسَافَةٍ مَا قَلِيلٌ  
الْعَائِقُ، وَقَدْ تَنَارَضَتْ  
الْكُتَابُ الْإِضْطِرَائِيَّةُ  
عَلَى جَانِبِهِ.



الكُتْبَانُ الطَوْلَانِيَّةُ

تَكُونُ الْكُنَانُ الطَّوَالِيَّةَ (أَوْ السَّيْفِيَّةَ)  
كحِوَرٍ طَوِيلَةٍ بِمُوازاةِ أَسْحَابِ الرِّيحِ.  
وَيُمْكِنُ مُشَاهَدَتُهَا بِوُضُوحٍ فِي الْمَوَاقِعِ  
حَيْثُ يُسْفَى الرَّمْلُ عَنِ الصَّخُورِ الْجُرَاءِ.

التَّافِينَ الصَّافِي

التسليق الضيق عام في المناخ البارد، وهو نوع من التجميد الطبيعية. تسرب المياه في شقوق الصخر، وعندما تتجمد يكثر حجمها بالتمدد فتتوسع الشقوق الصخرية. وتكرر هذه العملية، تتلف كل الصخر وتسطح مراكمة على السطح الجبل كمنحدرات وكامية شبيهة - كالتي في الرسم المقابل في كتاب يؤتت شبه الجزيرة القبطية الجنوبية.



المَطَرُ الحَمِضِيُّ

تتولّد الحموض الطّبيعيّة في مياه المطر من ذوبان ثاني أكسيد الكربون فيها. ويحوي المطر، في المناطق المعمورة، حموضاً من الغازات الصناعيّة، لئلا بدّ فيه، كثنائي أكسيد الكبريت، نشيْب المطر الحمضيّ. وهذا يزيّد معدّل التّجوية الكيميائيّة فيتلف المباني والتماثيل - كهذا الأسد الحجريّ في ليدز - مانكلت.

لمزيد من المعلومات انظر

الخواصص ص ٦٨  
الصنغ والندى والجديد ص ٢٦٨  
رخذ القفس ص ٢٧٢  
قوراث في الغلاف الخيري ص ٣٧٢  
الصحابي ص ٣٩٠



# أنواع التربة

إذا تطلعت إلى منظر طبيعي تَرى عادةً أعشابًا ونباتات وأشجارًا، وهذه لا حياة لها بدون تربة. والتربة خليط مُعَقَّد من المواد الصخرية الحديثة والمُنْتَحَتِ، والمعادن المُذابة والمُعَادِ ترسُّبها، مع بقايا الكائنات الحيَّة التي عاشت فيما مضى. هذه المُقَوِّماتُ تمتزجُ معًا بحفر الحيوانات الجاحِرة، وضغط جذور النبات، وتحركات المياه الجوفية. إنَّ نوع التربة وتركيبها الكيميائي وطبيعتها أصلها العضوي عواملٌ مُهمَّةٌ جدًّا للزراعة، وبالتالي لحياتنا وعيش مختلف الحيوانات. هنالك أنواعٌ عديدةٌ من التربة، تتباين من جُزءٍ إلى آخر في الأرض تبعًا للمناخ والبيئة.

## طبقات التربة المختلفة



الأفق أ، التربة، طبقة تليها من بقايا المواد النباتية.

الأفق ب، التربة، طبقة غنية عضويًا، لكن بعض المعادن تستثقلها المياه الجوفية.

الأفق ج، التربة، طبقة أقل عضويًا، لكنها غنية بالمعادن المستثقلات من التربة فوقية.

الأفق د، طبقة الصخر (الاديم الجبلي)، مصدر المحتوى المعدني للتربة.

التربة الطباشيرية رقيقة عضوية، تُشرف الماء بسرعة، لذا يندمل شحوتها العضوي بسرعة، فلا يبقى فيها إلا القليل من الدبال.



التربة الرملية خفيفة، تُشرف الماء بسهولة، وهي تحوي كمية قليلة من المواد العضوية؛ لذا فهي قليلة الخصبة.



غاية ديمية كثيفة في قنوزيلا



المناخ الحار الرطب يُؤدي صخر القاعدة يُكوِّن تربة سميكة غنية بالمواد النباتية، تملأ البُثر الطينية إلى الزلقة.



المناخ البارد قليل الشجيرة، لذا تملأ البُثر الطينية إلى الزلقة.

## جانبية التربة

تتكوَّن التربة من عدَّة طبقات أو أفاق يُشكِّلُها جوانب التربة. تُشكِّلُ الجانبيَّةُ مختلف مُكوِّنات التربة - من مُنات الصخور وأنحلالها إلى إسهافات الكائنات الحيَّة. وتختلف هذه الطبقات من تربة إلى أخرى بوعا وحسبًا.

انزلاقي أرضي صغير في جبال الهندوس باليونان



## رُخف التربة في المنحدرات

رُخف التربة يُزيد انحدار طبقات الصخر المكشوفة.

## رُخف التربة

تتحرَّك تربة المنحدر تدريجيًّا حسيًّا حسيًّا نحو الأسفل - فيما يُسمَّى رُخف التربة. وغالبًا ما تكون جسيمات التربة مُترابطة بعضها مع بعض بواسطة جذور الأعشاب مُكوِّنة الواسخ جانبية. تتحرَّك هذه الواسخ في سلسلة من البلى المُدرجة أو المضاطب - تستعيدُها عادة الحيوانات الراعية من غنم وأبقار - فتزيد من سرعة التآكل.

تتصدَّع الطين بتحرُّك التربة التمهئية.



تتحرَّك التربة إلى السفوح

الاصطناعية

الاصطناعية

## المنحدرات

المنحدرات غير مُستوية لأنَّ جاذبية الأرض تُشدُّ ما يتجمَّع عليها إلى أسفل. وأيُّ تعرُّب في التربة بفعل الصقيع أو المطر أو التمدد بالتشرب والانتفاخ يزيد من هذا التحريك. زلزالاً نحو أسفل المنحدر ونتيجة لذلك تتعرَّض الإنشاءات الاصطناعية على المنحدرات إلى التآكل، وينشأ شكل البنيات النامية.

## سماكة التربة

يعتمد عمق التربة على عوامل مُتعدِّدة. كوجود متحرِّك مثلًا تُعزِّف به التربة التآكلية - باستمرار، وعلى طبيعة صخر الأديم. فالصخر الكلسي، مثلاً، يتآكل بسهولة أكثر من الحجر الرملي، فيكون بالنتيجة مُنتجبات الحلاية أكثر. لكنَّ عاملَي المناخ والشجيرة هما الأهم والأشدُّ أثرًا.



رُخف التربة عن تلال شيلتون، بانكوكرا.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الكيمياء العضوية ص ٤١
- الصخور والمعادن ص ٢٢١
- الأحاديث ص ٢٢٥
- التجوية والتآكل ص ٢٣٠
- المناخ ص ٢٤٤



**الفيضان**  
 الأتهار هُمَّةٌ لِلنَّاسِ كإحدى ومالِ  
 الثَّلِّ وكصافٍ لتياء الشَّرْبِ  
 والصَّاعَةِ وَرَى القُرُوعَاتِ لَجَّتْهَا  
 قد تَشْكُلُ خطراً داجِئاً يَهْدُو  
 أرواحهم وأرزاقهم، إذ يَبُ  
 تَزِيدُ الأَطْطَارُ المُفَاجِئُ فِضَاناتِ  
 تَعْمُرُ القَرْيَ والمُدُنَ المُشَادَّةَ عَالِي  
 فِضَانِ الأَتَارِ.

**المرحلة الأولى**

المنبع  
وادي  
شلالات  
حصى من صخور أصلية  
منحني

**المرحلة الثانية**

منحني  
حصى من صخور أصغر

**المرحلة الثالثة**

منحني  
رمل وطين

البحر

دلتا

المرحلة الأولى: ينشأ النهر من المنبع ويتدفق في وادي عميق. تتكون الشلالات من الصخور الأصلية. تتكون الشلالات من الصخور الأصلية.

المرحلة الثانية: يتدفق النهر في وادي أوسع. تتكون الشلالات من الصخور الأصغر.

المرحلة الثالثة: يتدفق النهر في وادي واسع. تتكون الشلالات من الرمل والطين.

الْقُدْرَةُ الْكَهْرِمَائِيَّةُ

**الريّ**  
تحتاج الأروغ ماءً لتنمو. وكثيراً ما تلقى مياه الأبنهار إلىقى المزروعات في نظام ريّ معيّن وقد عرفت أنظمة الريّ المعقّدة على صفاف الأنهر منذ الحضارات الأولى في مصر القديمة على صفاف النيل.

**لزيادة من المعلومات انظر**

الماء - معالجة ومعالجة ص ٨٣  
المؤلفات ص ١٥٩  
التجربة والنظريات ص ٢٣٠  
خط السجل ص ٢٣٦  
المظهر ص ٢٦٤



# البحار والمحيطات

خارطة الخبوء والأخاديد المحيطية في العالم



خارطة قيعان البحار

كانت قيعان المحيطات لغزًا مغلًا قبل بضعة عقود من السنين. لكن في الستينيات من القرن العشرين، اخترع العلماء آلات تستطيع تصوير أشكال الأرض عن بُعد. وقد أسهمت هذه الصور المُتَّيِّتَةُ بُعَادِيًّا في رسم خرائط قيعان البحار.

سنتك سبيلانكت (المُؤَفِّقَةُ الأَشْوَكَ) في مياه جُزُرِ القُفَر



سبيلانكت

تُحِبُّ أَعْمَاقَ المحيطات السحيقة مخلوقات غريبة، كسنتكة السبيلانكت التي كان يظن العلماء أنها انقرضت منذ ٢٠٠ مليون سنة. لكن في عام ١٩٣٨، اكتُشِفَتْ إحدىها في مياه المحيط قبالة مدغشقر ولا يزال يُلتَقَطُ بعضها حتى اليوم. إن البقاء في أعماق المحيطات، حيث الأحوال المعيشية لا تتغير كثيرًا، أيسر لهذه الحيوانات القديمة.

بيئة المياه الحارة

تُثَبِّتُ على أمتداد الخبوء المحيطية مياه بُرْكَانِيَّة حارَّة غنيَّة بالكيمياءات. هذه المياه تجذب البكتيريا، وقد تطوَّرت فيها حيوانات تغذي بالبكتيريا، وكذلك حيوانات أخرى تأكل هذه الحيوانات. وتعيش في هذه البيئة المُطْلَقَةُ العميقة كائنات لم تُرَ لَوَر الشمس مُطلقًا - كهذه القشريات والرخويات في جُزُرِ جِلاياغوس.



عميقًا تحت أمواج البحار والمحيطات قيعانٌ تُغْطِي قُرَابَ ثُلُثِي سَطْحِ الأرض؛ وفيها سلاسلٌ جبليَّةٌ وأخاديدٌ عميقةٌ وشُهوْلٌ فسيحةٌ شاسعةٌ لا يُمكننا مُشاهدتها إلا باستخدام أجهزةٍ علميَّةٍ مُعَقَّدة. إِنَّ نَمَطَ الأرض في قاع المحيط سببُه التَحَرُّكاتُ الأرضيَّةُ الكُبرى المعروفةٌ جيولوجيًّا بـتكتونية الكتل الصفائحِيَّة؛ إذ إِنَّ خُبُودَ المحيطات الضخمة ترتفع عندما تتكوَّن الكتل الصفائحِيَّةُ العظيمة على سطح الأرض؛ كما تتكوَّن الأخاديد الكبيرة تحت الماء عندما تُسَقَطُ كُتْلَةُ صفائحِيَّة تحت أخرى وتُخْتَفِي.

أَخْدُوْدُ بِيْرُو وَشِي  
قُبُورُ خَزِيرِي -  
بِرَاكِبُ عَلَى أَمْدَادِ  
أَخْدُوْدِ شَاطِئِ

أَخْدُوْدُ قَارِي -  
أَخْدُوْدُ شَاطِئِ - جِبَالٌ تَحْتَ الْبَحْرِ

شَهْلُ غُورِي ضَمِيق - اَلْمَتَادُ  
ضَخْمُ لِقَاعِ بَحْرِي مُتَبَسِّط

مُنْحَدَرُ قَارِي - خَرَفُ  
الرَّصِيْفِ القَارِي

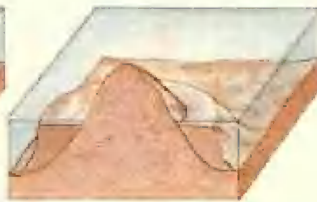
رَصِيْفُ قَارِي - أَطْرَافُ  
القَارَاتِ تَحْتَ الْمَاءِ

القِشْمُ الأَسْفَلُ  
مِنَ الْمُخَطَّطِ بِيْدِي  
الارتفاعات  
والأعماق  
بمقياسها  
الشَّسْبِي  
الحقيقي.

مَعَالِمُ قَاعِ المَهِدِي

مُعْظَمُ قَاعِ المَهِدِي مُتَبَسِّطٌ ضَخْمٌ يَسْتَدُ عَلَى عُمُقٍ ٣ إلى ٤ كم تحت سطح البحر. وترتفع منه قِمَمٌ جِبَالِ الخبوءِ المُحيطِيَّةِ إلى قُرَابِ ٢ كم تحت الأمواج، وتُغَوِّرُ في أعماقه أخاديدٌ مُحيطِيَّةٌ مُظْلِمَةٌ إلى عُمُقٍ ١٠ كم أو أكثر. أمَّا حَوْلَ السَّوْاجِلِ حيث ترتفع الأرض لِتُكوِّنَ القَارَاتِ فالإمَاءُ أَشَدَّ ضَحَالَةً.

جَزِيرَةُ عُجْرَانِيَّةٌ خَلْقِيَّةٌ (أَوَّلُ)  
فِي مَلِيْفِ بِالمَهِدِي  
المَهِدِي.



عندما تَخْتَلِي الجَزِيرَةُ تحت أمواج البحر، تُخَلَّفُ جَزِيرَةُ عُجْرَانِيَّةٌ حَلْقِيَّةٌ تتوسطها بَحِيرَةٌ ضَحْلَةٌ.

يَبْدَأُ الشَّعْبُ المَرْجَانِي إذا غَاضَتِ الجَزِيرَةُ في الْمَاءِ، يُتَابِعُ بالنَّظَرِ في المِيَاهِ الضَّحَلَةِ المَرْجَانُ نُفُوزَهُ مُشَكَّلًا حَاجِزًا خَوْلَ جَزِيرَةٍ مَدَارِيَّةٍ. عُجْرَانِيَّةٌ مُتَفَصِّلَةٌ عَنِ الجَزِيرَةِ.

الشعاب المرجانية

يَبْنُو المَرْجَانُ فُطْرَ حيث المياه ضاربةٌ دَفْنَةً وَضَحْلَةً؛ كما هي الحالُ في سَوَاطِيحِ الجُزُرِ القَدَارِيَّةِ مَنَلاً. يُكوِّنُ المُتَعَصِّصُ المَرْجَانِي صَدَفَةً كِلْسِيَّةً تُضَامُ مع أُخَرَ مُشَكَّلَةً أَسَاسًا وَطَبَقًا لِيَبْنُو المَرْجَانُ. وبِهَذِهِ الطَّرِيقَةِ تَتَرَاكَمُ، مُقَارِبَةً سَطْحِ الْمَاءِ، أَرَصِفَةٌ شَائِعَةٌ تُدْعَى سَبْعًا عُجْرَانِيَّةً.

لمزيد من المعلومات انظر

كيمياء الماء ص ٧٥

بيئة الأرض ص ٢١٢

الصخور والمعادن ص ٢٢١

الأمواج والمدّ والعُزُرُ (الْمَدُّ والعُزُرُ) والتيارات ص ٢٣٥



# الأمواج والمدّ والمذرّ (المدّ والجزر) والتيّارات

المُحيطات لا تهدأ أبداً؛ فالريّاح المحليّة تدفع سطح البحر أمواجاً تَلاطُم الشاطئ. والمدّ والمذرّ يجتاح المرافئ جيئةً وذهاباً مرّتين كلّ يوم، بفعل جاذبيّة الشّمس والقمر. وفي الوقت نفسه، تكتسيخ الرّياح العالميّة البحار مُكوّنة تيّاراتٍ مُحيطيّة عظيمة؛ ومع تدويم الأرض تنفّث التيّارات مُنساباً حوّل المُحيطات في مساراتٍ دائريّة ضخمة. فالتيّارات السّاخنة تنساب بعيداً عن خطّ الاستواء، والباردة تنساب عائدةً نحوّه. وتحمل الرّياح التي تهبّ فوق تلك التيّارات، إلى اليابسة المُجاورة، أجواءً دافئةً أو باردة - ممّا يجعل لهذه التيّارات تأثيراً كبيراً على المُناخ. فتيّار الخليج السّاخن في المُحيط الأطْلنطي مثلاً يُبقي النّسَم الشماليّ الغربيّ من أوروبا دافئاً في الشّتاء.



## التيّارات المُحيطيّة

التيّارات المدوّمة المُحيطيّة الضّخمة تُسببها الرّياح السّاخنة. فالريّاح التجاريّة في جنوب المُحيط الهادي (الباسفيكي) تدفع التيّار البروّقيّ الباردة نحو الشّاطئ الغربيّ لأمريكا الجنوبيّة.

الريّاح الهالئة فوق سطح البحر تُقلّص الجُسيمات السطحيّة وتدوّرها.



## كيف تتحرّك الأمواج؟

عندما تُمس الرّيح سطح البحر تُرسلُ تموجاتٍ يميّنة عبر الماء. ورغم أن الأمواج تقطع مسافاتٍ شاسعةً عبر المُحيط، فإنّ كلّ جسيم من الماء يدورّ دائريّاً في موقعه فقط.

تنتشر الدّوائر تحت السطح حتى تتخذ في العمق. جسيمات الماء القريبة من السطح تُواصل تقلّباتها وتدورّاتها مراراً وتكراراً.

عندما يكون جُذب الشّمس والقمر باتجاهاتٍ مُختلفة، يتناقض ارتفاع المدّ وانخفاض الجزر.



عندما تتكوّن الشّمس والقمر في خطّ مُستقيم، يكون المدّ عالياً جدّاً، والجزر خفيضاً جدّاً.

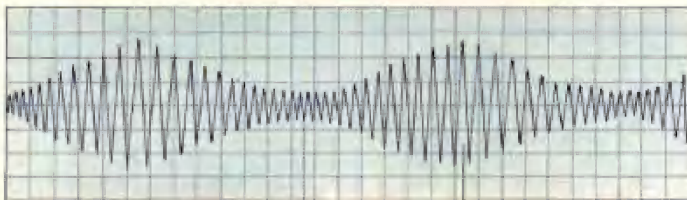
يتكوّن مدّ آخر على قسم الأرض المُقابل بفعل تدوير الأرض.



يجذب القمر مدّاً على قسم الأرض المُواجه له تماماً.



دعنا نخلّق تشونامي في ألاسكا (آذار عام ١٩٦٤)



تدورّ الأمّ في دائرة أصغر - كما الأرض يجذبها القمر الدائر حولها. كما يدورّ القمر حول الأرض.



## كيف يعمل المدّ والمذرّ؟

تَحْتَلُّ أمّا تدورّجُم ولَدَها دائريّاً، وفي كلّ دَوْرَةٍ تتطّيرُ تُدَوِّرُ الأمّ إلى الخلف. فالولودُ يَمْتَلِ القمرُ في دورانه حوّل الأرض، وتَمْتَلِ الأمّ الأرض في تدويرها حوّل نفسها، وارتفاعُ تدويرها يُمْتَلِ حصولُ المدّ في جانب الأرض المُتجهو بعيداً عن القمر.

تتطّيرُ التُّدَوِّرُ إلى الخلف كاللّام المُدْفِعِ بعيداً عن القمر.

## الشّمس والقمر والمدّ

قوّة جُذب القمر تُنْطِجُ الماءَ مدّاً على كلّا جانبي الأرض. ولَمّا كانت الأرض تُدَوِّرُ حوّل نفسها، فإنّ المدّ يحصلُ في كلّ موقعٍ فيها مرّتين كلّ يوم. والشّمس تجذب الماء أيضاً لكن (بسبب بُعْدِها الفاصلي) ليس بقوّة جُذب القمر. وهذا الجُذب يُؤاّرُ جُذب القمر مرّة في الشهر، ويصّادُه مرّة.

## لزيد من المعلومات انظر

- التركة الدائرية ص ١٢٥
- الضخور والمعادن ص ٢٢١
- الجليد والمناخ ص ٢٢٨
- التجوية والتحات ص ٢٣٠
- خط الساحل ص ٢٣٦
- الكون ص ٢٧٤



# خَطُّ السَّاحِل

إن كُنْتَ تَسْبَحُ أو تُجَدِّفُ على شاطئِ الْبَحْرِ قَانَتْ فِعْلاً على حافةِ الْبَحْرِ في بداية السَّاحِلِ. فَكُلُّ أَرْضٍ بِمُحَافَاةِ الْبَحْرِ هي سَاحِلٌ؛ وَكُلُّ سَاحِلٍ فَرِيدٌ بِمَعَالِمِهِ وَخَصَائِصِهِ. مَعَالِمُ السَّاحِلِ تحدُّهَا عِدَّةُ عَوَامِلٍ كَالرِّيَّاحِ الْعَاتِيَةِ وَالْأَمْوَاجِ الْمُتَلَاطِمَةِ وَدَرَجَاتِ الْحَرَارَةِ وَالْمُنَاخِ وَأَنْوَاعِ الصَّخُورِ الْمُتَوَاجِدَةِ هُنَاكَ. وَقَدْ تَتَغَيَّرُ السَّوَاحِلُ مِنْ رَمْلِيَّةٍ إِلَى صَخْرِيَّةٍ أَوْ الْعَكْسِ. وَيَتَشَكَّلُ خَطُّ السَّاحِلِ بِهَيُوبِ الرِّيَّاحِ عَبْرَ سَطْحِ الْمَحِيطِ، نَاقِلَةً بَعْضَ طَاقَتِهَا إِلَى الْمِيَاهِ. وَتَتَبَدَّى هَذِهِ الطَّاقَةُ أَمْوَاجًا تَقْطَعُ مَسَافَاتٍ طَوِيلَةً تُقْتَرِ عِنْدَ أَرْتِطَامِهَا بِخَطِّ السَّاحِلِ، لَكِنَّ قُوَّتَهَا التَّدْمِيرِيَّةَ تَظَلُّ فَاعِلَةً فِي حَتِّ رُؤُوسِ الْبَرِّ وَاتِّكَالِ الْجُرُفِ السَّاحِلِيَّةِ.



## خَطُّ السَّاحِلِ

يُبدو قُدْرَةُ الْبَحْرِ الْهَائِلَةِ وَاضِحَةً على أَمْثَالِ عِذَا الشَّاطِئِ الصَّخْرِيِّ فِي كِيَاثِنَا، أَوْ رِيْجُونِ، بِالْوِلَايَاتِ الْمُتَّحِدَةِ. فَالصَّخُورُ تَتَأَلَّفُ أَسَاسًا مِنْ صَفْحَةِ الْأَرْضِ. لَكِنَّهَا تَتَأَكَّلُ وَتُحْتَرَقُ بِقُوَّةِ الْمَوْجِ الْغَوَاصِلِ.

تُحْتَرَقُ الْأَمْوَاجُ الشَّقُوقِ الْمُتَوَاجِدَةِ فِي رُؤُوسِ الْبَرِّ وَتَجْعَلُ مِنْهَا كَهَوْلاً بِحَرِيَّةٍ وَاسِعَةٍ.

الشَّقُوقُ على جَانِبَيْ رَأْسِ الْبَرِّ قَدْ تَتَسَبَّغُ وَتَتَحَوَّلُ لِمَكُونِ قَنْطَرَةٍ طَبِيعِيَّةٍ.

بِاسْتِمْرَارِ الشَّقَاتِ، يَتَهَاوَى مَقْطَعُ الْقَنْطَرَةِ تَارِكًا نَاقِصَةً أَوْ مَسَلَّةً بِحَرِيَّةٍ.

## تَحَاثُّ رُؤُوسِ الْبَرِّ

تَتَأَلَّفُ رُؤُوسُ الْبَرِّ مِنْ صَخُورٍ صَلْدَةٍ، لَكِنَّهَا، على مَرِّ الزَّمَنِ، تَتَأَكَّلُ بِالشَّقَاتِ. فَالْأَمْوَاجُ الْمُفْتَرِيَّةُ مِنْ أَحَدِ الرُّؤُوسِ تُلْقِي حَوْلَهُ وَتَحْتَهُ مِنْ مُخْتَلِفِ حَوَائِجِهِ مُحْدَثَةً كَهَوْلاً وَفَنَاطِرَ تَظَلُّ غُرْضَةً لِلْحَتِّ وَالنَّأْكُلِ. وَالشَّقَاتُ يَجْرِي بِطَرِيقَتَيْنِ رَاسِيَّتَيْنِ: فِي الْأَوَّلِ، يَبْرِي الصَّخْرَ وَيَنَاقِلُ بِالْحِجَارَةِ الَّتِي تَقْلِبُهَا الْأَمْوَاجُ (فِيمَا يُسَمَّى الشَّقَاتِ الطَبِيعِيَّةِ أَوْ الْبَلْبِ بِالْأَحْيَاك). وَفِي الثَّانِيَةِ، تَتَوَسَّعُ شَقُوقُ الصَّخْرِ عِنْدَ تَمَلُّدِ الْهَوَاءِ الْمُسْتَغْطِ بِالْمِيَاهِ الْمُنْدَفِقَةِ، عِنْدَ تَرَاجُعِهَا، مُسَبِّبًا التَّكَثُّفَ.

## الْأَدْوِيَّةُ الْغَاطِطَةُ (الْفُورَم)

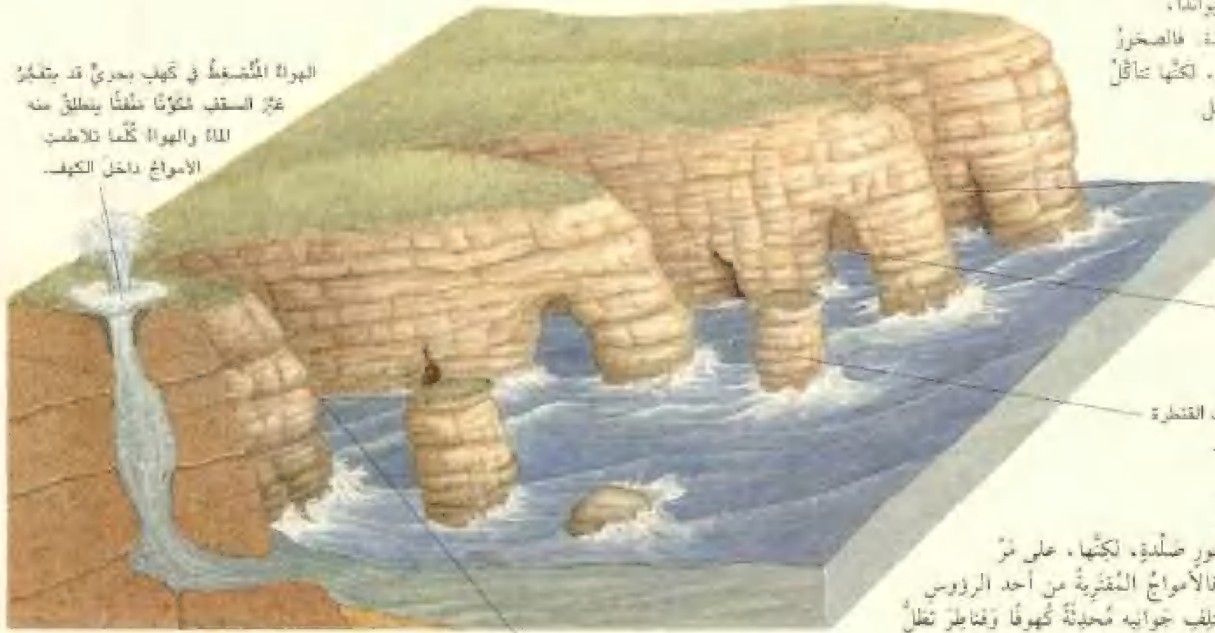
إِذَا قَبِطْتَ الْبَابَةَ أَوْ أَرْتَفَعَ مُسْتَوَى الْبَحْرِ، تُغْتَرِّقُ الْمَنَاطِقُ السَّاحِلِيَّةُ بِالْمِيَاهِ. قَبْلِي نَهَايَةِ أَخَرٍ عَصْرِ جَلِيدِي، انْصَحَرَتِ الْقَلَابِسُ الْجَلِيدِيَّةُ فِي شَتَّى مَحِيطَاتِ الْعَالَمِ فَارْتَفَعَ مُسْتَوَى الْبَحْرِ وَأَصْبَحَتِ الْتَلَالُ جُزْأً، وَغَاصَتْ أَدْوِيَّةُ الْآلِهَاءِ مُكَوَّنَةً خَطًّا سَاحِلِيًّا مَفْرَعًا فَافَخْلَجَ مَفْرَعَةً لَدَى شَرْوَمَا أَوْ أَدْوِيَّةٍ غَاطِطَةٍ.

شَرْوَمَا وَمَصْبَاثُ خَلِيجِيَّةٍ فِي جَالِشِيَا، بِإِسْطَانِيَا

## الْخُلُجَانُ الْإِفْجِيَّةُ (الْفِيُورَدَات)

عِنْدَمَا نَدْبُو التَّنَاقُلَ، تَهْرُكُ عَادَةً أَدْوِيَّةُ لُؤْبَةِ الشَّكْلِ. نَعْمَرُهَا مَسْتَوِيَّاتِ التَّخْرِجِ الْمُرْتَفَعَةِ عَلَى أَمْتِدَادِ السَّاحِلِ. مُكَوَّنَةٌ خُلُجَانًا حَيَّةً طَوِيلَةً عُمُودِيَّةِ الْخَوَانِبِ. وَلَا خَطَّ أَنَّ الصَّخُورَ وَالْمَوَادَّ الْأُخْرَى الْمُرْتَشِيَّةَ فِي مَصَبَاتِ هَذِهِ الْأَدْوِيَّةِ تَجْعَلُ مَدَاحِلَهَا خُضَلًا جَدًّا. وَيُطْلَقُ اللَّفْظُ الْفُورَجِي فِيُورَدَ (الَّذِي مَعْنَاهُ نَبْعٌ مِنَ الْبَحْرِ لِكَيْفَتِهِ جُرْفٌ شَدِيدَةٌ الْإِنْتِدَارُ) عَلَى هَذِهِ الْخُلُجَانِ الْإِفْجِيَّةِ.

الْهَوَاءُ الْمُسْتَغْطِ فِي كَهَبٍ بِحَرِيَّةٍ قَدْ يَتَغَيَّرُ عَنِ السَّقْفِ شَكْلًا مُتَغَيِّرًا يَنْطَلِقُ مِنْهُ الْمَاءُ وَالْهَوَاءُ كَلَمًا تَلَاطِمَتِ الْأَمْوَاجِ دَاخِلَ الْكَهَبِ.



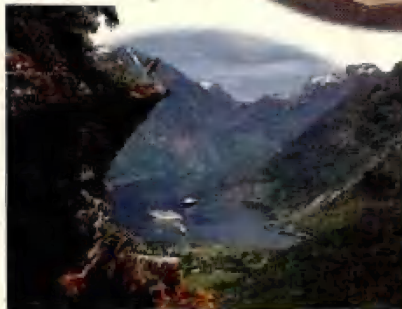
تَتَحَتُّ رُؤُوسُ الْبَرِّ إِلَى كَهَوْغٍ، وَنَالِيًا إِلَى فَنَاطِرِ، ثُمَّ إِلَى مَوَاشِرٍ أَوْ مَسَلَّاتٍ بِحَرِيَّةٍ.

شَابَاهَا شُكْرَانِ، بِإِسْطَانِيَا

تُيَبَّرُ هَذِهِ الْخَارِطَةُ بِضَعَةِ تَمَازُجٍ مِنْ خُطُوطِ السَّاحِلِ الْمُخْتَلِفَةِ حَوْلَ الْعَالَمِ. وَيُشَارِكُ التَّرْسِيمُ اللَّوْنِي فِي تَحْدِيدِ كُلِّ مَوْجٍ.



فِيُورَدَ جِيُورْجِي، بِالنُّزُوجِ



## تَكْوِينُ أَرْضٍ جَدِيدَةٍ

التَّخَرُّقُ قَادِرٌ عَلَى تَدْمِيرِ الْبَابَةِ، وَهُوَ أَيْضًا قَادِرٌ عَلَى تَكْوِينِهَا. فَالْمَوَادُّ الْمُتَشَكِّلَةُ الْمُرْتَشِيَّةُ عَلَى الشَّوْاطِئِ تُضَيِّقُ مَسَاحَاتٍ جَدِيدَةً إِلَى الْبَابَةِ. كَذَلِكَ لِأَنَّ انْخِفَاضَ مُسْتَوِيَّاتِ الْبَحْرِ يَكْثِفُ أَرْضِيَّ جَدِيدَةً كَانَتْ مَعْمُورَةً بِالْمِيَاهِ فِيمَا مَضَى.



## تكوّن الشواطئ

أفلاك الصخور المنتجة من قش وكمسارية لا تبقى على حالها طويلاً، فالأمواج تعمل على سحقها إلى حصى خصباءية وزمل تُجر على طول قعر البحر، وترسب أخيراً في مواقع مستديرة نوعاً لتكون شاطئاً. حتى على الشواطئ، لا تتوقف فئات الصخر عن الحركة والتقليل بفعل الأمواج التي تتربها العواصف، كذلك فإن الرياح تُدرو الجسيمات الأخف منها. ونتيجة لمثل هذه التحركات المستمرة، فقد يتألف الشاطئ من حصى خصباءية ويغدو، هو نفسه، زملًا في الصيف وتقام حاليًا أسواراً ومراجل خاصة لإيقاف هذه العملية أو الحد منها.

تتألف الشواطئ من رسالي وفئات صخرية دائمة التغير، فالفتك الصخرية تُرسبها الأمواج القوية، وترسب الرمال في الأوضاع الأهدأ. تتراكم المواد الشاطئية على المزلج (السور).

تجرّف العواصف الخصباء الصخرية فترسبها في سطحية مائتة بأعلى الشاطئ حيث تظل حتى العاصفة التالية.

المراجل أسوار شتتة بدعائم تنغور قراية يترين في الأرض وهي تقام داخل البحر، لمنع الانجراف على طول الشاطئ.

## الشواطئ المنحرفة

الجسيمات الشاطئية دائمة الحركة مع الجسار الأمواج وأنشاقها، جارة الحصى والرمل حيث ودعائها، وقد تُرسبها في مواقع جديدة على امتداد الشاطئ في عملية الانجراف الشاطئي.

الموجة التي تضرب الشاطئ بزاوية شديدة، تجرّف الحصى مائتة إلى أعلى الشاطئ. برزخ رملي شاطئي في شاطئها مكرن، بلديان.



## الشاطئ المرتفع

عندما ترتفع أرض أو ينخفض عنها مستوى البحر، يبقى خط الشاطئ عاليًا وجافًا مكونًا شاطئاً مرتفعاً. وكان قد تكون العديد من هذه الشواطئ شمالي أوروبا في نهاية العصر الجليدي الأخير، فمع ذوبان الجليد أخذت الأرض ترتفع ببطء.



شاطئ مرتفع في جزيرة لوك، باسكتلندا

## خطوط الساحل المتغيرة

لا تبقى خطوط الساحل في العالم دائماً على حالها. فقد تغير جدياً في وقت قصير نسبياً، بحث الأمواج للبابية وأنفجار المناطق الساحلية أو أنكتافها بتغير مستويات سطح البحر.



تتألف الأمواج حول نهاية اللسان الشاطئي فتكون خبيثة حادة. لسان ساحلي زمل. الجرف الشاطئي يحمل الرمل غير خصباءية أو مصب نهري، ويترسبه كلسان ساحلي.

تجرّف المواد الشاطئية بعيداً عن الجانب المخفي من المزلج.

الانجراف الشاطئي هو تحرك الرمال والحصى الصخرية على امتداد خط الساحل، وهذا يكون خطاً ساحلياً شتتاً (كاساني) (المشمار)، يتراكم الرمل على المراجل.

## الانجراف الشاطئي

٣. تجرّف الموجة التالية الحصى مائتة إلى أعلى الشاطئ مرة أخرى. ويتركز شقوقها لزولاً مع المياه خبابة في تسار شتتة يتوازاة الساحل. وهذا التحرك يُشبه الانجراف على طول الساحل.



٢. عند تراجع الموجة تتسحب الحصى لزولاً مع المياه، خبابة، على المنحدر الشاطئي.

## المنطقة الساحلية زمل

قد يمتد لسان ساحلي زمل من البابية غير خليج ما يُشكل حاجزاً ويُدعى هذا الحاجز بزلج شاطئي (شلولو) إذا تكون بين جزيرة والشاطئ.

## المنشآت الملحقة

أحياناً تقل الرياح عواقب زملية مما ترسبه الأمواج فتتغل منها ثباتاً لزولاً وساحات من المياه العذبة أو القليلة الملوحة. فتتجمع هذه المياه لاحقاً وحولاً، وتتحوّل إلى منشآت ملحقة.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الصخور والمعادن ص ٢٢١
- التجوية والتحات ص ٢٣٠
- الأمواج والمد (البحر والخور) ص ٢٣٥
- التيارات ص ٢٤١



# الفحم

يَخْتزنُ الفَحْمُ الحِجْرِيّ طاقَةَ الشَّمْسِ منذُ ملايين السنين. إِنَّ نُموَ النباتاتِ يعتمدُ على الشَّمْسِ؛ وإذا طُورت هذه النباتاتُ ملايين السنين تحت الضغط والحرارة في باطن الأرض فإنّها تتحوَّلُ إلى فَحْمٍ حَجْرِيّ. وعندَ إحراقِ الفحم، تُطلَقُ تلك الطاقة المُخترَنة منذُ القِدَمِ كطاقةٍ حراريّة. الكربونُ هو العنصرُ الأساسيُّ في الفَحْمِ - فالكربونُ الذي يؤلِّفُ حوالي ٥٠٪ من الخشب، يُشكِّلُ قرابةَ ٩٠٪ من الفَحْمِ. بدأ مُعظمُ الفَحْمِ بالتكوّنِ في العصرِ الكربونيّ منذُ حوالي ٣٥٠ مليون سنة. فغاباتُ المُستقعات الضخمة التي نَمَت حينئذٍ هي اليومُ قُراواتُ الفَحْمِ الرئيسيّة في العالم.

## توزُّعُ الفحمِ الحجريّ في العالم



## خارطةُ مناطق الفحم

مُعظمُ الفحمِ في العالمِ مُصدَّرهُ الرواسبُ المُتوضِّعةُ في العصرِ الكربونيّ، حينَ كانَ يَبُثُّ الأرضُ في أوجِ وَفَرَتِهِ. لكنَّ بعضَ قُراواتِ الفحمِ المُهمّةِ في شمالِ أورُبا هي أحدثُ عهدًا بكثيرٍ إذ تَكوَّنت من خشبِ اللَّبِّثِ في يداياتِ الحَقْبِ الثالثِ منذُ حوالي ٤٠ مليون سنة.

## تكوّنُ الفحم

الفَحْمُ صَخْرٌ رُمويٌّ حَيَوِيّ النشأ تَكوّنُ من بقايا كائناتٍ حَيّة. فَمِنذُ ملايين السنين، دَوَّت الغاباتُ وأنطمرت في المُستقعات قَبْلَ أن يَدبَّ الانجِلالُ في أحشائها. ومعَ التحجّرِ البطيئِ، لَوُحِلَ تلك المُستقعات ورُمِلَها، تَغَيَّرَ تركيبُ اللَّبِّثِ الدفين. فحُصِرَتْ مَقومائِهِ، المُولَّفةُ من الكربونِ والهيدروجينِ والأكسجينِ، مُعظمُ ما فيها من الهيدروجينِ والأكسجينِ تاركةً قُرارةً مُركَّزةً من الكربون، هي الفَحْمُ.

## تَعدينُ الفحم

يُستَخْرَجُ الفحمُ من مَناجِمِهِ بالعدين. فإذا بَرَزَ عِرْقٌ أو طبقةٌ فَحْمِيّةٌ بِسُتوى سطحِ الأرض، يقومُ المُعدّنون بِخَفْرِ نَقِيٍّ أَقْصَى يُشَيِّ مَنجَمًا سَرِيًّا. لكنَّ في أغلبِ الأحيان، تُحَقَّرُ الأنفاقُ عموديّةً لِلوُصولِ إلى الفحمِ تحتِ الأرضِ فيما يُعرَفُ بالمَنجَمِ البُئِيِّ. أمّا إذا تَواجَدَ الفحمُ قَرِيبًا مِن سطحِ الأرض، فيُعدَّنُ الفَحْمُ بِنَزْعِ طبقاتِ الأثَرَةِ التي تُغطّيهِ في خُفْرةٍ تُعدِنُ مَكشوفةً (أو مُنطحية). لاحظَ في الصورةِ المُقابِلَةِ أقوامَ الفحمِ المُستَخْرِجِ في أستراليا.



## المناجمُ الخطِرة

جِلالَ القرنِ الثامنِ عَشَرَ، اعتمدتِ الثورةُ الصناعيّةُ في أورُبا على الفَحْمِ كمُصدرٍ حَيَوِيٍّ لِلطَاقَةِ. لكنَّ تَعدينَ الفحمِ كانَ عَمَلِيّةً خطيرةً؛ فَكانَ عَمالُ المناجمِ حَتّى الصِبيانُ مِنْهُم، يَعْمَلونَ في ظُروفٍ مُرعبةٍ مُروعة. ثُمَّ احترَقَ العالمُ، هَمْفرِي ديفي، ومِصباحُهُ المشهور «مِصباح ديفي» كَنِيطَةً أمانٍ نادرٍ يُلَوِّغُ الغازاتِ داخِلَ المَنجَمِ مُستَوِي الخطِرة.



مِصباح ديفي



موقعُ لاَفتِتاحِ الحُثِّ في حِجْرٍ فُوقَ كَلَدُ

تنموُ الغاباتُ حِينْما في أجواءِ المُستقعات

عَالٌ هذه الأشجارُ بعدَ مواتها أن تنقُطى بِقِوَاةٍ مُستَقلّةٍ ثُمَّ تنضِجُ في طبقةٍ تحتِ ترسباتٍ تالية.



الحُثُّ

## الحُثُّ

الحُثُّ مَادّةٌ لِيغَيَّةٌ مُرَحَلِيّةٌ في عَمَلِيّةِ تَكوّنِ الفحمِ. فَالحُثُّ دائمُ التَكوّنِ في جميعِ المُستقعاتِ في العالمِ حَالِيًا، كما سَابِقًا. وَيُستَخدمُ الحُثُّ كوقودٍ كما يُضافُ كُحْشِيّ عَنِي لِثَرَةِ الزِراعةِ.



بينما تُفقدُ الموادُ النباتيّةُ الأَخبَرَةَ الأكسجينَ تنضِجُ إلى مادّةٍ لِيغَيَّةٍ هي الحُثُّ.

اللِجْنِيّت



تُواصلُ الموادُ المُترسبةُ تَكدُّسُها مُنْجَمَةً الحُثُّ إلى صَخْر. ومعَ تَزايدِ غُلوِ الحُثِّ لِلأكسجينِ يتحوَّلُ إلى قَحمٍ طَريّ بَنِيّ اللونِ يُدعى اللِجْنِيّت.

فَحْمٌ بِشَيُمِينِي



أخيراً يَبلُغُ أنضِجاءُ الحُثِّ الخَشْبِيّ من الشَّدّةِ ما يُحوِّلُهُ إلى قَحمٍ بَرّاقٍ أسودٍ مُتراصٍّ هو الفَحْمُ البَيتُومِينِيّ، أَكثَرُ أنواعِ الفحمِ استِخدامًا في الصّناعة.

## لَزيدُ مِنَ العِلَوماتِ انظُرْ

- الكربون ص ٤٠
- الكيمياء العنصرية ص ٤١
- مُنتجاتُ الفحمِ ص ٩٦
- بُئُ الأرضِ ص ٢١٢
- المُخجَورُ الرُمويَّةُ ص ٢٢٣
- حقائقُ ومَعلُوماتُ ص ٤١٤



# النَّفْطُ وَالْغَازُ

تُرى ماذا حَدَثَ لِلنباتات والحيوانات البَالِغَةِ الصَّعَرِ التي مَاتَتْ في الْبَحْرِ منذَ مَلايين السنين؟ الْعُلَمَاءُ يَعْتَقِدُونَ أَنَّهَا تَحَوَّلَتْ إِلَى نَفْطٍ - هُوَ الْوَقُودُ الَّذِي يُسْتَخْدَمُ الْيَوْمَ فِي تَسِيرِ السَّيَّارَاتِ وَتَشْغِيلِ الْمَصَانِعِ وَتَصْنِيعِ الْكثيرِ مِنَ الْكِيمَاوِيَّاتِ الْمُفِيدَةِ. فَالْمَادَّةُ الْحَيَوَانِيَّةُ الَّتِي تَتَجَمُّعُ فِي قَاعِ الْبَحْرِ تَنْحَلُّ بِطَءٍ بِفِعْلِ الْبَكْتِيرِيَا؛ وَعَمَلِيَّةُ التَّحَلُّلِ هَذِهِ تَطْلُقُ الْمِثَانَ أَوْ الْغَازَ الطَّبِيعِيَّ. وَإِذَا سَخَّطَ الْمَادَّةُ الْمُتَبَقِّيةُ فَإِنَّهَا تَتَفَكَّكُ إِلَى جُزْئِيَّاتٍ خَفِيفَةٍ تُسَمَّى هَيْدْرُوكَرْبُونَاتٍ تَنْسَرِبُ عَبْرَ الصَّخُورِ مُكَوِّنةً تَجَمُّعَاتٍ نَفْطِيَّةً. وَمَعَ أَنَّ الْغَازَ الطَّبِيعِيَّ هُوَ نَاتِجٌ ثَانَوِيٌّ هُنَا، فَإِنَّ الْغَازَ الطَّبِيعِيَّ الْمُسْتَخْرَجَ مِنَ الصَّخُورِ، فِي أَمَكِيَّةِ كَبْشَرِ الشَّامَلِ، هُوَ فِي الْوَاقِعِ نَاتِجٌ مِنْ أَنْحِلَالِ الْقَحْمِ.

تَوَرُّغُ النَّفْطِ وَالْغَازِ الطَّبِيعِيِّ فِي الْعَالَمِ



## خَارِطَةُ مَنَاطِقِ النَّفْطِ

النَّفْطُ الْمُسْتَخْرَجُ مِنْ حُقُولِ النَّفْطِ الرَّاسِيَّةِ فِي الْعَالَمِ، مَصْدَرُهُ صَخُورٌ يَعُودُ تَارِيخُهَا إِلَى قَضْرَيْنِ: الْعَصْرِ الْأَرْذَوْتِيِّ الدَّيْقَوْتِيِّ (مِنذَ ٤٠٠ إِلَى ٣٥٠ مِلْيُونِ سَنَةٍ) وَالْعَصْرِ الْجُورَاسِيِّ الْقَبَائِشِيرِيِّ (مِنذَ ٢٠٠ إِلَى ٦٥ مِلْيُونِ سَنَةٍ).

## مَكْمَنُ النَّفْطِ

الْمَادَّةُ الْحَيَوَانِيَّةُ الْمُتَجَمِّعَةُ فِي الصَّخُورِ تَنْحَلُّ إِلَى قَطْرَاتٍ مِنَ النَّفْطِ تَطْفُو فَوْقَ الْمِيَاءِ الْجَوْفِيَّةِ. وَكَوْنُهَا أَقْلُ كَثَافَةً مِنَ الْمَاءِ، تَتَابَعُ الْقَطْرَاتُ تَلَادُهَا صُغُلًا عَبْرَ نَسَاجِ الصَّخْرِ حَتَّى تَبْلُغَ طَبَقَةً صَدَاءً كَثِيفَةً تَحْتَبِسُهَا، تُسَمَّى صَخْرَ الْغِطَاءِ، فَتَتَجَمُّعُ هُنَاكَ مُكَوِّنةً مَكْمَنًا نَفْطِيًّا.

## نَظَرِيَّةٌ بَدِيلَةٌ

بِالرَّغْمِ مِنْ تَوَافُقِ مُعْظَمِ الْعُلَمَاءِ عَلَى أَنَّ النَّفْطَ قَدْ تَكَوَّنَ مِنْ كَاسَاتٍ حَيَّةٍ، فَإِنَّ هُنَاكَ نَظَرِيَّةً تَقُولُ بِأَنَّهُ تَكَوَّنَ بِالْفِعْلِ مِنْ صَخُورٍ مُتَحَوِّلَةٍ. وَقَدْ بَاتِي إِثْبَاتُ ذَلِكَ أَوْ دَحْضُهُ مِنْ بَيِّنٍ يَجْرِي حَقْرُهَا حَالِيًا بِالسُّوَيْدِ فِي صَخُورٍ مُتَحَوِّلَةٍ.

اِخْتِبَارُ الْخَفْرِ فِي بَحْرَةِ سِبِيلْجَان، بِالسُّوَيْدِ



## مَنْعَةُ الْإِنْتِاجِ

عِنْدَ إِثْبَاتِ وَجُودِ كَمِيَّةٍ مِنَ النَّفْطِ مُجَدِيَّةٍ اِقْتِصَادِيًّا، يُضَارَّ إِلَى اسْتِخْرَاجِهَا بِوَسْطَةِ مَنَعَةٍ لِإِنْتِاجِ. وَمِنَ الْمَنَعَةِ تُحَقَّرُ الْبُئْرُ فِي صَخُورِ الْمَكْمَنِ، وَيَنْصَحُ النَّفْطُ إِلَى السَّطْحِ حَيْثُ يَجْرِي نَقْلُهُ عَبْرَ الْأَنْبَابِ أَوْ الْخَفَافَاتِ إِلَى مَعْمَلِ تَكْرِيرٍ (أَوْ مَصْنَعَةٍ).

صَخْرٌ كَثِيفٌ لَا يَنْقُذُ مِنْهُ النَّفْطُ، لِيُخْتَبَسَ النَّفْطُ تَحْتَهُ.

صَخْرٌ مُسَاسِي يَنْقُذُ مِنْهُ النَّفْطُ.

يَتَجَمُّعُ النَّفْطُ فِي صَخْرِ مُسَاسِيٍّ يُخْتَبَسُ فِيهِ، يُدْعَى مَكْمَنًا، وَيُخْتَبَسُ النَّفْطُ عَادَةً فِي صَخْرِ كَثِيفٍ لَا يَنْقُذُ عَنْهُ.



قَدْ تَخَضَّعَ طَبَقَاتُ الْمَلْحِ لِشِدَّةِ الضَّغْطِ فَتَرْتَفَعُ غَلَاظُ الصَّخُورِ فَوْقَهَا مُكَوِّنةً قُبَّةً. وَقَدْ يَتَجَمُّعُ النَّفْطُ فِي بَيْتِ هَذِهِ الْقُبَابِ.

يَطْفُو جِهَازُ النَّفْطِ خَفِيفًا فِي الْمَاءِ فَكَيْلًا يَتَأَثَّرُ بِالْأَمْوَاجِ

## مُعْدَّاتُ الْاِسْتِكْشَافِ

تُعَيَّنُ مَكَامِنُ النَّفْطِ الْمُحْتَمَلَةِ بِدِرَاسَةِ سَطْحِ الْأَرْضِ بِطَرِيقَةِ الشَّخْصِ الْعَادِيِّ، فَتُرْسَلُ أَمْوَاجٌ صَوْتِيَّةٌ إِلَى بَاطِنِ الْأَرْضِ وَتُسَجَّلُ أَيْكَاسَاتُهَا وَتُدْرَسُ. لَكِنَّ وُجُودَ النَّفْطِ لَا يُمَكِّنُ إِثْبَاتَهُ بَعْدَ إِلَّا بِخَفْرِ بَيْرٍ فِي التَّوَقُّعِ. وَيَتِمُّ ذَلِكَ بِالْمُعْدَّاتِ وَالتَّجْهِيزَاتِ الْاِسْتِكْشَافِيَّةِ.



تُسْتَخْدَمُ الشُّغْلُ لِلْخَفْرِ فِي الْمِيَاءِ الْعَمِيقَةِ جَلًّا، فَيُزَكَّى جِهَازُ الْخَفْرِ غَيْرَ تَقْبٍ فِي هَيْكَلِ الشُّغْلِيَّةِ.

فِي الْمِيَاءِ الْأَعْمَقِ لِيُسْتَخْدَمَ جِهَازٌ ذُو قَوَائِمٍ صَامِدَةٍ لِلشَّدِّ، وَهُوَ يَطْفُو، لَكِنَّهُ مُثَبَّتٌ فِي قَاعِ الْبَحْرِ بِالْأَرْبِطَةِ وَالشَّدَادَاتِ.

يُسْتَخْدَمُ جِهَازُ حَقْرِ ذُو مِرْقَاعٍ فِي الْمِيَاءِ الضَّخْمَةِ نَوْعًا، وَتَحْمِيلُهُ قَوَائِمٌ تَمْتَدُّ إِلَى قَاعِ الْبَحْرِ.

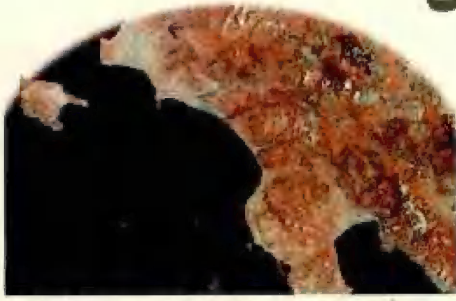
مُثَالٌ تَجْهِيزَاتِ الْاِسْتِكْشَافِ فِي بَحْرِ الشَّامَلِ

## لَزِيدٍ مِنَ الْعُلُومَاتِ أَنْظُرْ

- الكِيمِيَاءُ الْعَضْوِيَّةُ ص ٤١
- صِنَاعَةُ الْكِيمَاوِيَّاتِ ص ٨٢
- مُتَجَنِّاتُ الْغَازِ ص ٩٧
- مُتَجَنِّاتُ النَّفْطِ ص ٩٨
- الْبَحَارُ وَالْمُحِيطَاتُ ص ٢٣٤
- حَقَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤١٤



# رَسْمُ خَرَائِطِ الْأَرْضِ



صورة سائلة لثيئة جزيرة بولبينس بجنوب اليونان

هل يُمكنُ مُشاهدة العالمِ كُلِّه بنظرة واحدة؟ إنَّ ذلكَ مُمكنٌ فقط على الخريطة. فيدون الخرائط، من العسيرِ جدًا تكوينُ فكرةٍ عن شكلِ الأرض وهيئتها. فمُنذُ آلافِ السنينِ أخذَ الناسُ يرسمونَ الخرائطَ لِتُساعدَهُم في استكشافِ البيئاتِ المُحيطة بهم. وعندما تَطوَّرتِ الخرائطُ علمًا وفنًّا صارت الخرائطُ تظهرُ مُرمَّزةً ومُقايسَ رسمٍ أكبرَ لِتُبينَ بوضوحٍ ودقَّةٍ معالمَ الأرضِ الجُغرافية كالجبالِ والأنهارِ. إنَّ رسمَ الخرائطِ لِلأرضِ بِكامليها يفتنُّ رِسمَ سطحِ الكرة الأرضيَّة المُقوَّس على ورقةٍ مُسطَّحة! لكنَّ الخرائطَ المُبتدعة لِتحقيقِ ذلكَ، مهما كان نوعُها أو مَسقطُها، لا يُدَّ أن تكونَ مُشوَّهة بِشكلٍ أو بآخر.

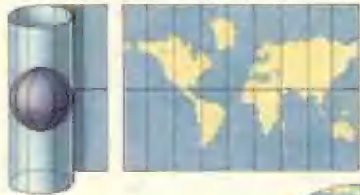
## خريطة سائلة

إنَّ بِقِيَّاتِ القُصاة الحديثة قد أُحدثتِ أُمُلاتًا في فنونِ الخرائطِ، فأصبحتِ الخرائطُ تُرسمُ من الطَّورِ المُستَقطَّ بِواسِطةِ السَّوائلِ، مُميِّةً كُلَّ الأرضِ كما يبدو من الفضاء. وبسببِ حِسابيَّةِ السَّوائلِ الفائقة، فإنَّها تُستَطيعُ البَاطِءَ تفاصيلَ دَقِيقَةٍ - كأنواعِ الزُّروعِ في بَطنَةِ مَعيَّةٍ من العالمِ، ومُستوياتِ الحرارة المُستَخدِة من المُصانع.

## الخرائط

الخريطة ضرورة مُصنَّعة لِبيانِ المَلامحِ الطبيعيَّة أو الحدودِ السياسيَّة لمنطقةٍ مُعيَّنة من سطحِ الأرض. والخرائط على أنواعٍ تَبعا لِأغراضِ أُمُتخدامِها. فخرائطُ الطُّرُق مثلاً، تُركِّزُ على الطُّرُق وتُفَرِّعُها، وتُشكِّلُ أنواعَها بِرموزٍ مُختلفة. أمَّا الخرائطُ السياسيَّةُ فتركِّزُ على الحدودِ السياسيَّة والتَّقسيماتِ الرسميَّة والإداريَّة.

## مستطط أسطواني



## مستطط مخروطي

في المُستَقطَّ المُخروطي، يُتَخَلَّلُ لَفُّ الوَرَقَةِ حولِ الأرضِ، مُلايِسةً خطَّ الاستواءِ. فالخريطةُ المُستَقطَّ بهذه الطريقة تُبيِّنُ الشَّمالَ دائمًا في أعلى الخارطة، لكنَّ المساحاتِ فيها مُشوَّهة بِالتَّسطيحِ.



في المُستَقطَّ المُخروطي، تُلايِسُ الورقةُ الكرة الأرضيَّة في نُقطةٍ واحدة، وإذا كانت تلك النُقطة المُطْلَقُ مُخطوطُ الطولِ عندئذٍ تَظهَرُ بِزواياها الصحيحة.

## مستطط بيترز

## خارطة بيترز

صنَّعَ هذه الخارطة آرئوس بيترز عام ١٦٩٧ وهي تُبيِّنُ التَّفاضلاتِ الحقيقيَّة لِلقارَّاتِ. لكنَّ حتى يَوصَلَ بيترز إلى الحَقيقِ ذلكَ، كان لا بُدَّ من مُعدِّ أشكالٍ القارَّاتِ.

## لِزِيد من المَعلُومَاتِ النَظَرِ

- التَّسْكِوَاتِ الأرضيَّة ص ٢٩٧
- تَلسْكِوَاتِ القُصاة ص ٢٩٨
- السَّوائلِ (الأمُتارُ الصَّاعِة) ص ٣٠٠
- السَّوائلِ القُصاة ص ٣٠١
- المُختَلَّاتِ القُصاة ص ٣٠٤
- خُفَاتُ ومَعلُومَاتِ ص ٤١٤

## دليل الرموز



يُختارُ في التَّصا

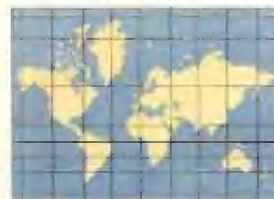
## التصوير الجوي

صورة جوية مُلتَقطة من الطائرة تُشكِّلُ منظرًا عامًّا لمنطقةٍ. لكنَّ هذه الصورة لا تُبيِّنُ الرُّمُوزَ الاصطِلَاحيَّة التي تجعلُ الخارطة صالحةً لِلاستِعمالِ، كالخارطة أعلاه.

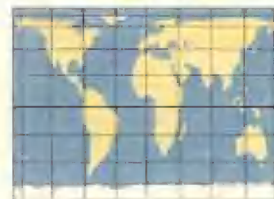


## مِرْكَاتُور

المُسَقطُ المِرْكَاتُوري، الذي تُبيِّنُ لِلقَرَّةِ الأولى عام ١٥٦٩، أسَّسه المُستَقطَّ المُخروطي. ولَمَّا كانتِ الانجَاحاتُ فيه غيرَ مُشوَّهة، فإنَّ هذا المُستَقطَّ مُفيدٌ في الملاحةِ وخرائطِ الأَرصادِ الجَوِيَّةِ - حيثُ انجَاحاتُ الرِّيحِ بالغةُ الأهمية. لكنَّ نُشُوءَ المساحاتِ كَبِيرٌ جدًا فيه، حتَّى إنَّ جرينلَندَ تبدو بِحُجْمٍ إفریقیةٍ أو أكبرَ قليلًا، بينما تُساوي هي في الواقع حوالی ١/٢ من مساحة إفریقیة.



## مستطط بيترز



عالمُ الجُغرافية، البَليجيكي جِبراردُوس جِرْكَاتُور، المُولودُ جِبرهارْدُ كَريس (١٥١٢-١٥٩٤).

## مَساقِطُ الرِسمِ

لَكي نَعرِضَ سَطُوحَ الأرضِ المُقوَّسة على وَرَقَةٍ مُسطَّحةٍ بدقَّةٍ، نَستَخدِمُ تَقَنِيَّةَ الإسقاطِ. نَختارُ أنْ الأرضِ شَفاةً وأنَّ في مَركِزِها صورةً تُلفي طَلالاً لِتَعالَمِ سَطُوحِ الأرضِ على وَرَقَةٍ مُوضَّعةٍ قُرْبَها. فَالطَّلُ المَساظُ على الوَرَقَةِ هو أساسُ تلكِ الخارطةِ.



# الطقس

حياة الناس جميعًا تتأثر بالطقس - ماذا يأكلون ويشربون، وماذا يلبسون وكيف يتصرفون وما أنواع نباتاتهم وأشكال منازلهم. حتى طبيعة الأرض تتأثر وتشكل بعوامل الطقس؛ فالرياح والمطر والثلج والجليد كلها عوامل تحت الصخور والجبال. الطقس جزء من عالمنا - إنه حالة الهواء في أي مكان وزمان؛ وقد يكون حارًا أو باردًا، عاصفًا أو ساكنًا، رطبًا أو جافًا. في بعض المناطق يتغير الطقس بين يوم وآخر؛ وفي مناطق أخرى قلما يتغير على مدار العام. وجملة أحوال الطقس لمنطقة بين عام وآخر تسمى المناخ. ويعتمد المناخ أساسًا على بُعد الموقع شمالًا أو جنوبًا عن خط الاستواء وبالتالي على كمية الطاقة الشمسية التي يتلقاها.



**المطر**  
سكان المناطق المطيرة يعرفون أن الجو القليل بالشعب الرمادية السوداء ينشأ بالمطر. فالسحب الممطرة كثيفة تملأ بالمطر بحيث تضد أشعة الشمس. وكلما ازدادت الغيوم كثافة وسوادًا ازدادت كمية الأمطار المحتمل سقوطها.



شعب كثيفة  
قليلة فوق آسيا

شعب كثيفة في  
تخفيض ضلطي



## المناطق المشمسة

المناطق ذات الطقس الأكثر حرارة في العالم هي الصحاري الجافة البعيدة قليلًا عن خط الاستواء - حيث الأجواء جليد من السحب الدافئة التي تخفف شفق الشمس. فالأجواء في الصحراء الكبرى في إفريقيا صافية لا غيم فيها طوال أيام السنة تقريبًا.

شعب ونظر  
فوق المناطق  
المدارية

أجواء صافية  
فوق الصحراء  
الكبرى

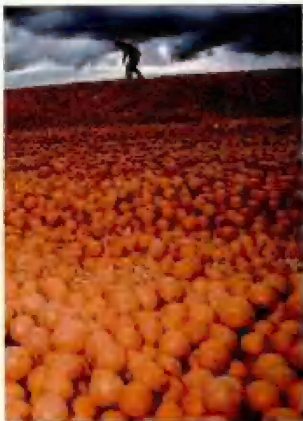
أجواء صافية فوق  
القارة القطبية الجنوبية

## تلف المحاصيل

هبوب الرياح العاتية وسقوط الأمطار الغزيرة وأنهمار البرد أثناء سبته للمزارعين لأنها تلتف مزروعاتهم ومحاصيلهم. لذا يحاول المزارعون بأحوال الطقس تحذير المزارعين من الطقس السيئ كي يتخذوا ما يمكنهم من الاحتياطات. هذه الأكوام الضخمة من البرقوق في كاليفورنيا، بالولايات المتحدة، تلفت بسوء الأحوال الجوية، فعاذت لا تصلح للبيع.

## إله الشمس

كثير من أهل الحضارات القديمة عبدوا إلهة خاصة لا يعاقبهم أنها السوولة عن أحوال الطقس. فعباد الأزيك في المكسيك عبدوا إله الشمس ثونانويخ قلعة في نور تشبه لأنصاج محاصيلهم. فبدون ما يكل من هذا الصياء كانت تتأخر محاصيلهم ونحيق بهم الحاجة. فثونانويخ، وما يمثله، كان مهمًا جدًا لهنود الأزيك حتى إنهم شيدوا له المعابد وقدموا له القرابين البشرية لئلا يرد عليهم على استرضائه.





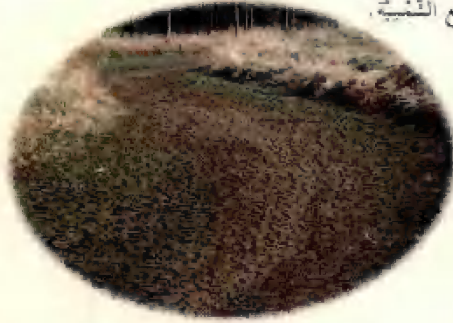
# شَعُّ الشَّمْسِ

يُقدِّرُ العلماءُ أَنَّهُ لَوْ تُحَاطَ الشَّمْسُ بِغَلاَظٍ مِنَ الجَلِيدِ سُمُكُهُ ١,٥ كم، فَحَرَارَتُهَا المُشَعَّةُ سَتَظْهَرُ الجَلِيدُ كُلُّهُ فِي سَاعَتَيْنِ وَيَضَعُ دَقَائِقُ. وَمَصْدَرُ هَذِهِ الطَّاقَةِ الحَرَارِيَّةِ هُوَ التَّغَاغُلَاتُ النَّوَوِيَّةُ فِي بَاطِنِ الشَّمْسِ. وَتَبْلُغُ دَرَجَةُ الحَرَارَةِ عَلَى سَطْحِ الشَّمْسِ حِوَالَى ٦٠٠٠°س؛ وَهِيَ تُشَعُّ طَاقَتَهَا فِي جَمِيعِ الِاتِّجَاهَاتِ؛ وَيَعْتَمِدُ طَلْقُسُنَا وَمُنَاحُنَا عَلَى هَذِهِ الطَّاقَةِ. الشَّمْسُ هَائِلَةٌ الحَجْمِ، إِذْ يُمَكِّنُهَا اسْتِيعَابُ مِليُونِ كَوَكَبٍ بِحَجْمِ الأَرْضِ فِي دَاخِلِهَا؛ وَهِيَ تَبْدُو لَنَا صَغِيرَةً لِأَنَّهَا تَبْعُدُ عَنِ الأَرْضِ ١٥٠ مِليُونِ كم. وَرُغْمَ هَذَا البُعْدِ فَنُورُ الشَّمْسِ بَاهِرٌ جِدًّا بِحَيْثُ يَجِبُ عَدَمُ النَظَرِ إِلَيْهَا مُبَاشَرَةً؛ لِأَنَّ ذَلِكَ يُؤْذِي العَيْنَيْنِ.



## البُقعُ الشَّمْسِيَّةُ

تُشَاعَدُ أحيانًا بُقعٌ دَاكِنَةٌ عَلَى سَطْحِ الشَّمْسِ تَقِلُّ دَرَجَةُ حَرَارَتِهَا عَنِ بَاقِي سَطْحِ الشَّمْسِ المُغَيِّي؛ فَيَبْلُغُ حِوَالَى ٤٠٠٠°س. وَتُوجَدُ فِي هَذِهِ البُقعِ مَحَالَّاتٌ مِغْنَطِيْسِيَّةٌ؛ وَيَتَبَايَنُ عَدْدُهَا، وَزِيَادَةُ وَقُصَاةَا، فِي فُتُورَاتٍ دَوْرِيَّةٍ كُلُّ ١١ سَنَةً. الصُّورَةُ أَعْلَاهُ التَّيَقُّظُ فِي ١ أَيْلُول (سَبْتَمْبَر) عَامِ ١٩٨٩، قَلِيلٌ يَضَعُهُ أَشْهُرٌ مِنَ النِّشَاطِ الأَقْصَى لِلْبُقعِ الشَّمْسِيِّ.



## دَوْرَةُ الجُفَافِ

يَعْتَقِدُ بَعْضُ العُلَمَاءِ أَنَّ البُقعَ الشَّمْسِيَّةَ تُؤَثِّرُ فِي الطَّقْسِ. فِي بَعْضِ أُنْجَاءِ العَالَمِ، تَتَكَرَّرُ شُجُّ الأمْطَارِ دَوْرِيًّا كُلُّ ٢٢ سَنَةً قَرِيبًا (أَيُّ فُتُورَةٍ دَوْرِيَّةٍ مُتَنَالِيَتَيْنِ لِلْبُقعِ الشَّمْسِيِّ) مُسَبِّبَةً جُفَافًا وَقَحْطًا شَدِيدَيْنِ. وَقَدْ أَصَابَ ذَلِكَ أَمْرِيكَا الشَّمَالِيَّةَ فِي الثَّلَاثِيَّاتِ وَفِي الخَمِيسِيَّاتِ وَفِي السَّعِيدَاتِ مِنَ القَرْنِ العِشْرِينَ. وَإِذَا صَحَّتْ نَظَرِيَةُ البُقعِ الشَّمْسِيِّ فَيَتَوَقَّعُ تَكَرُّرُ هَذَا الشُّجِّ أَوَاخِرَ القَمِيسِيَّاتِ مِنَ هَذَا القَرْنِ. وَمَعْلُومٌ أَنَّهُ بِاتِّجَاسِ الأمْطَارِ تَضَلُّبُ الأَنهَارِ وَقَدْ تَجَفَّتْ.

## إِدْوَارْدُ مُونْدَر

دَجِشٌ عَالِمُ الفَلَكِ البَرِيطَانِي،

إِدْوَارْدُ مُونْدَر (١٨٥١-١٩٢٨)،

عِنْدَمَا وَجَدَ أَنَّ

السَّجَلَاتِ المُؤَرَّخَةَ لِنِشَاطِ

الشَّمْسِ يُبَيِّنُ أُنْجِدَامَ البُقعِ

الشَّمْسِيِّ فِي الفُتُورَةِ بَيْنَ عَامَيِ

١٦٤٥ وَ ١٧١٥، السَّعُورَةِ الآنِ

بِالذَّنْبَةِ مُونْدَر. وَفِي الفُتُورَةِ نَفْسِهَا،

كَانَ البَرْدُ فِي أَوْرُيَا مِنَ الشَّدَّةِ بِحَيْثُ غَوَّتْ تِلْكَ الفُتُورَةُ

بِالعَصْرِ الجَلِيدِي الصَّغِيرِ. وَقَدْ تَزَوَّجَ مُونْدَرُ مِنْ

مُسَاعِدَتِهِ أَنِّي زَيْلٍ وَعَمَلًا مَعًا؛ فَكَانَتْ إِحْدَى أَوَّلِي

عَالِمَاتِ الفَلَكِ فِي العَالَمِ. وَكَانَ يُجْهِدُهَا الخَاصَّ



## عَوَائِلُ التَّحَكُّمِ فِي الطَّقْسِ

أَحْوَالُ الطَّقْسِ تُخْتَلِفُ حَرَارَةُ الشَّمْسِ الَّتِي تُبْقِي الهَوَاءَ فِي حَرَكَةٍ دَائِمَةٍ. فَعِنْدَمَا يَسْتَحْسِرُ سَطْحُ الأَرْضِ، يُسَخِّنُ الهَوَاءَ الَّذِي يَلَامِسُهُ فَيَرْتَفِعُ، وَيَحُلُّ مَحَلَّهُ هَوَاءٌ بَارِدٌ؛ وَهَذَا يُبَيِّرُ الرِّيحَ. كَذَلِكَ فَإِنَّ حَرَارَةَ الشَّمْسِ تُخَرِّقُ المَاءَ مِنَ البَحَارِ فَتَكُونُ السَّحُبُ وَهَذِهِ تُنْقِطُ وَتُطَوِّبَتُهَا مَطَرًا عِنْدَمَا تَبْرُدُ.



قَطْرُ الشَّمْسِ

١٠٨ أَصْعَافٍ

قَطْرُ الأَرْضِ؛ لَكِنْ

الأَرْضُ كَبْرَةٌ مَسْخُورَةٌ

جَائِدَةٌ قِيمَا الشَّمْسِ كَبْرَةٌ

غَارِيَّةٌ حَارَّةٌ.

## تَرْكِيزُ شَعِّ الشَّمْسِ

يُمْكِنُ تَرْكِيزُ قُدْرَةِ أَشِعَّةِ الشَّمْسِ بِوَاسِطَةِ عَدَسَةٍ مُكَبَّرَةٍ عَادِيَّةٍ تَحْرِقُ قَرِيبًا فِي قِطْعَةٍ مِنَ الخُزْقِ. (الْأَحْدَاثُ لَا يَحَادِثُ ذَلِكَ دُونَ إِشْرَافِ الرَّاهِبِينَ). وَفِي الْأَفْطَارِ الجَائِقَةِ الحَارَّةِ، تُسْتَحْدَمُ مَرَايَا مُعْوَسَّةٌ خَاصَّةٌ لِتَرْكِيزِ أَشِعَّةِ الشَّمْسِ لِإِحْدَاءِ «لَوْحِ تَشْوِينٍ» يُسْتَعْمَلُ مُوقِدًا لِلطَّبْخِ.



## لِمَزِيدٍ مِنَ المَعْلُومَاتِ انْظُرْ

الْمَنَاحَاتُ المُتَغَيِّرَةُ ص ٢٤٦

الرِّيحُ ص ٢٥٤

تَكُونُ السَّحُبُ ص ٢٦٢

النَّظَرُ ص ٢٦٤

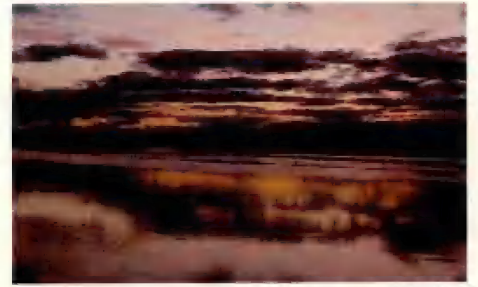
الشَّمْسُ ص ٢٨٤

الأَرْضُ ص ٢٨٧



# الفصول

تَدَوُّمُ الْأَرْضِ حَوْلَ مَحْوَرِهَا (كَالْخُذْرُوفِ) فِيمَا هِيَ تَدَوُّرٌ حَوْلَ الشَّمْسِ فِي مَدَارٍ بَيَاضِي الشَّكْلِ، مُتَمِّمَةً الدَّوْرَةَ الْكَامِلَةَ فِي ٣٦٥,٢٦ يَوْمًا، وَيَمِيلُ مَحْوَرُ الْأَرْضِ عَلَى مُسْتَوَى الْفَلَكَ ٢٣,٥°، بِحَيْثُ إِنَّ هَذَا الْمَيْلَ يَكُونُ نَحْوَ الشَّمْسِ فِي نِصْفِ الْكَوْرَةِ الشَّمَالِي عِنْدَمَا الْأَرْضُ فِي جَانِبِ مِنَ الشَّمْسِ، وَبَعْدَ سِتَّةِ أَشْهُرٍ، حِينَ الْأَرْضُ فِي الْجَانِبِ الْآخَرِ مِنَ الشَّمْسِ، يُصْبِحُ الْمَيْلُ نَحْوَ نِصْفِ الْكَوْرَةِ الْجَنُوبِي. فَنِي النِّصْفِ الْمَائِلِ نَحْوَ الشَّمْسِ تَرْتَفِعُ الشَّمْسُ عَالِيًا فِي كِبِدِ السَّمَاءِ وَتَكُونُ الْأَيَّامُ طَوِيلَةً (بُنْهَرِهَا) وَالطَّقْسُ حَارًّا، وَالْفَصْلُ صَيْفًا. بَيْنَمَا فِي نِصْفِ الْكَوْرَةِ الْمُقَابِلِ، الْحَائِثِ عَنِ الشَّمْسِ، يَكُونُ ارْتِفَاعُ الشَّمْسِ أَخْفَضَ فِي تَكْبِيدِهَا السَّمَاءِ، وَالْأَيَّامُ أَقْصَرَ وَأَبْرَدَ، وَالْفَصْلُ شِتَاءً.



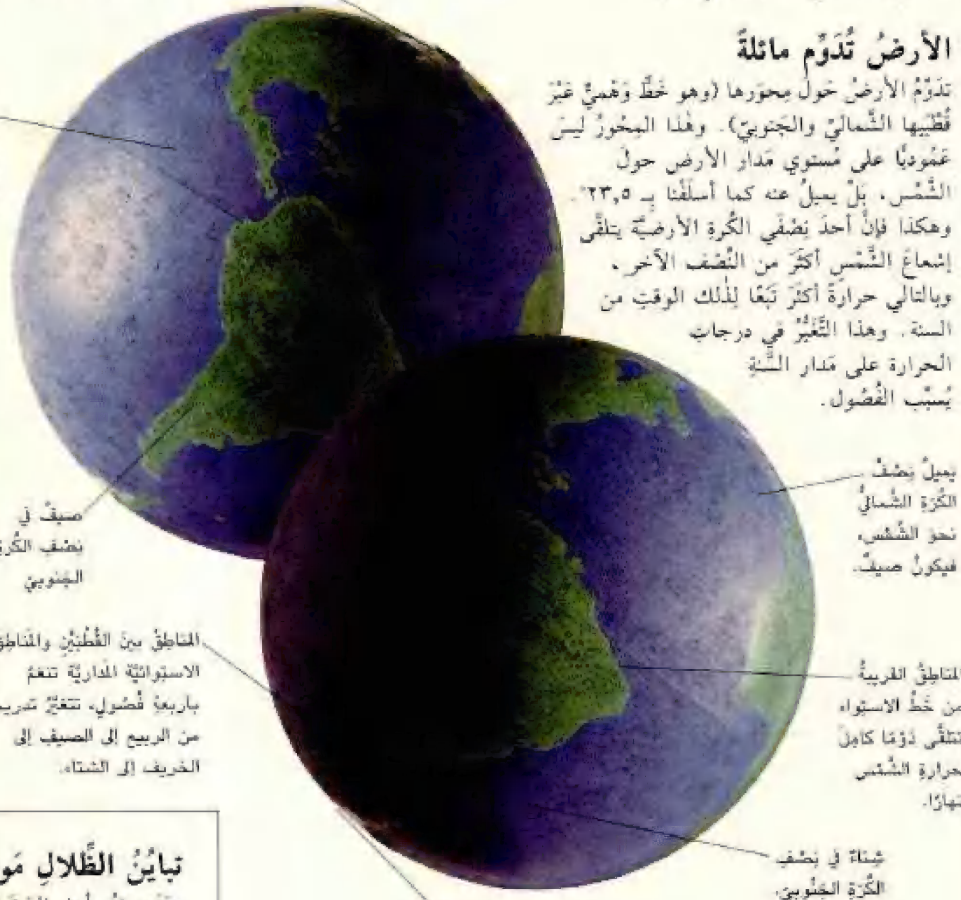
## شَمْسٌ مُتَنَصِّفُ اللَّيْلِ

فِي الْمَنَاطِقِ الْقَرِيبَةِ مِنَ الْقُطْبِ الشَّمَالِيِّ لَا تَغِيثُ الشَّمْسُ خِلَالَ قُصَلِ الصَّبْرِ عَلَى مَدَى عِدَّةِ أَشْهُرٍ، فَنِي بُلْدَانٍ، كَهَلَنْدَا، يَكُونُ نَهَارٌ لِمُدَّةِ ٢٤ سَاعَةً، وَذَلِكَ بِسَبَبِ تَيَلَانِ مَحْوَرِ الْأَرْضِ. وَشَمْسُ هَذِهِ مَنَاطِقِ شَمْسٍ مُتَنَصِّفُ اللَّيْلِ. وَبَيْنَمَا يَكُونُ فِي الْقُطْبِ الشَّمَالِيِّ نَهَارٌ دَائِمٌ، يَكُونُ لَيْلٌ دَائِمٌ فِي الْقُطْبِ الْجَنُوبِيِّ أَوَامِطُ الشَّوَاءِ حَيْثُ لَا تَقْلَعُ الشَّمْسُ مُطْلَقًا. وَتَعَكُّسُ الْحَالِ فِي السَّنَةِ الْآخِثَةِ الْتَالِيَةِ.

## الْأَرْضُ تَدَوُّمُ مَائِلَةٍ

تَدَوُّمُ الْأَرْضِ حَوْلَ مَحْوَرِهَا (وَهُوَ خَطٌّ وَهْمِيٌّ غَيْرُ قُطْبِيٍّهَا الشَّمَالِيِّ وَالْجَنُوبِيِّ). وَهَذَا الْمَحْوَرُ لَيْسَ عَمُودِيًّا عَلَى مُسْتَوَى مَدَارِ الْأَرْضِ حَوْلَ الشَّمْسِ، بَلْ يَمِيلُ عَنْهُ كَمَا أَسْلَفْنَا بِـ ٢٣,٥°. وَهَكَذَا فَإِنَّ أَحَدَ نِصْفِي الْكَوْرَةِ الْأَرْضِيَّةِ يَتَلَقَّى إِشْعَاعَ الشَّمْسِ أَكْثَرَ مِنَ النِّصْفِ الْآخَرِ. وَبِالْتَالِي حَرَارَةٌ أَكْثَرُ تَبَعًا لِذَلِكَ الْوَقْتُ مِنَ السَّنَةِ. وَهَذَا التَّغْيِيرُ فِي دَرَجَاتِ الْحَرَارَةِ عَلَى مَدَارِ السَّنَةِ يُسَبِّبُ الْفُصُولَ.

فِي الْقُطْبَيْنِ تَيَلَانٌ فَقَطُّ شِتَاءً عَلَى مَدَى سِتَّةِ أَشْهُرٍ، وَصَيْفٌ لِمُدَّةِ شَهْرٍ.



يَمِيلُ نِصْفُ الْكَوْرَةِ الشَّمَالِي نَحْوَ الشَّمْسِ، فَيَكُونُ صَيْفًا.

الْمَنَاطِقُ الْقَرِيبَةُ مِنَ خَطِّ الْاِسْتِوَاءِ تَتَلَقَّى ذَوْنًا كَامِلًا حَرَارَةَ الشَّمْسِ نَهَارًا.

شِتَاءٌ فِي نِصْفِ الْكَوْرَةِ الْجَنُوبِي.

صَيْفٌ فِي نِصْفِ الْكَوْرَةِ الْجَنُوبِي.

الْمَنَاطِقُ بَيْنَ الْقُطْبَيْنِ وَالْمَنَاطِقُ الْاِسْتِوَائِيَّةِ الْمَدَارِيَّةُ تَتَغَيَّرُ تَدْرِيجِيًّا مِنَ الرَّبِيعِ إِلَى الصَّيْفِ إِلَى الْخَرِيفِ إِلَى الشِّتَاءِ.

فِي شَتِّنِصْفِ الشَّوَاءِ، عِنْدَمَا يَكُونُ نِصْفُ الْكَوْرَةِ فِي أَقْصَى بُعْدِهِ عَنِ الشَّمْسِ، يَكُونُ ظِلَامٌ فِي الْقُطْبِ طَوَالَ الْيَوْمِ.

## تَبَايُنُ الظَّلَالِ مَوْسِمِيًّا

عَبْدٌ بَعْضُ أَهْلِ الْحَضَارَاتِ الْقَدِيمَةِ الشَّمْسِ، وَغَرَفُوا تَغْيِيرَاتِ مُسَارِهَا. هَذَا الْحَجَرُ فِي مَدِينَةِ إِنْكَا مِنْ مَانْتُو يَنْشُو، بِالْهِيرو هو الْاِنْشِيهَوْتَانَا - أَوْ نُصَبُ إِنْشِي، إِلَهَ الشَّمْسِ. وَقَدْ لَحَظَ الْاِنْكِيُونُ تَغْيِيرَاتِ طَوْلِ ظِلِّ هَذَا الْحَجَرِ عِنْدَ الظُّهْرِ خِلَالَ السَّنَةِ.



## عِيدٌ

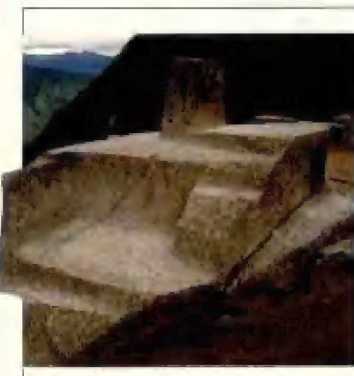
### مِيلَادُ مَتْلُجٍ

الْخَامِسُ وَالْعِشْرُونَ مِنْ كَانُونِ الْأَوَّلِ (دَيْسَمِير) يَكُونُ شِتَاءٌ فِي نِصْفِ الْكَوْرَةِ الشَّمَالِيَّةِ، فَتَنْخَفِضُ الْحَرَارَةُ، وَتَتَلَقَّى السَّمَاءُ وَالْأَرْضُ عَادَةً فِي بِلَادِ كَالْبُرُوجِ وَكَنْدَا. وَيَتَعَمَّدُ النَّاسُ إِلَى أَرْدَاءِ الْمَلَائِكَةِ الدِّينِيَّةِ خَارِجَ مَنَازِلِهِمْ.



## عِيدٌ مِيلَادِ حَارٍّ

عِيدُ الْمِيلَادِ (٢٥ كَانُونِ الْأَوَّلِ) يَوْمٌ مِنَ الصَّيْفِ فِي نِصْفِ الْكَوْرَةِ الْجَنُوبِيَّةِ. فَنِي بُلْدَانِ كَأُسْتْرَالِيَا، يَكُونُ الْمَقْلَسُ مُوَاتِيًا لِلْاِسْتِيرَادِ عَلَى شَاطِئِ الْبَحْرِ.



## لِمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- تَكُونُ الْأَرْضُ ص ٢١٠
- قَمْعُ الشَّمْسِ ص ٢٤٢
- الْتَلُجُ ص ٢٦٦
- النُّظَامُ الشَّمْسِي ص ٢٨٣
- مَنَاطِقُ الْقُطْبَيْنِ وَالْتَشْدَادُ ص ٣٨٢



# المناخ

يَعْتَمِدُ مُنَاخُ مِنطَقَةٍ مَا عَلَى مَوْقِعِهَا عَلَى سَطْحِ الْأَرْضِ. فَمُنَاخُ  
المناطق القريبة من خط الاستواء حارٌّ لأنها تتلقَّى شَعَّ الشَّمْسِ  
من فوقها مُتَعَامِدًا تَقْرِيبًا؛ بينما المُنَاخُ  
بَعِيدًا عن خط الاستواء يَكُونُ بَارِدًا  
دَوْمًا. لَكِنَّ المُنَاخَ لَا يَعْتَمِدُ فَقْطَ عَلَى  
بُعْدِ المَكَانِ عَنِ خط الاستواء؛  
فَتَبَارِثُ المُحِيطَاتِ تَحْمِلُ الدَّفْءَ  
حَوْلَ الْعَالَمِ وَتُؤَثِّرُ فِي مُنَاخَاتِ  
الْيَابِسَةِ. كَذَلِكَ يَتَأَثَّرُ مُنَاخُ المَكَانِ بِبُعْدِهِ عَنِ البَحْرِ،  
وَبَارْتِفَاعِهِ عَنِ سَطْحِ البَحْرِ؛ فَكُلَّمَا ارْتَفَعَ المَكَانُ كَانَ  
مُنَاخُهُ أْبْرَدَ عَلَى الْأَرَجَحِ. وَتُصَنَّفُ المُنَاخَاتُ إِلَى ثَمَانِيَةِ  
أَنْوَاعٍ رَئِيسِيَّةٍ مَعَ آخِلَاتٍ بِسِطَّةٍ ضِمَّنَ كُلِّ نَوْعٍ.



## المنطقة المعتدلة

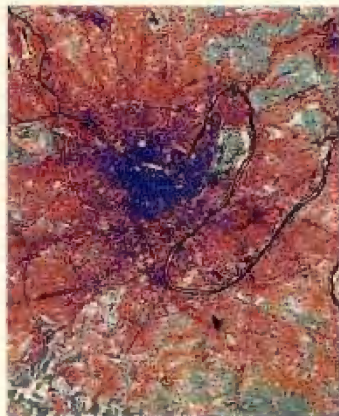
فِي المُنَاطِقِ المَعْتَدِلَةِ الشَّمْسُ قَدْ تُسَقِّطُ المَطَرُ فِي أَيِّ وَقْتٍ مِنَ السَّنَةِ  
فَضِيئُهَا عَادَةً لَيْسَ حَارًّا جَدًّا، وَشِتَائُهَا لَيْسَ بَارِدًا جَدًّا؛ لَكِنَّهَا قَدْ  
تُعَانِي مِنْ قُرَارَاتٍ حَرٍّ قَصِيرَةٍ فِي الصَّيْفِ وَنَوَابِتٍ مِنْ نَسَاقِطِ التَّلَجِ  
شَدِيدَةٍ فِي الشِّتَاءِ. تَقَعُ سُهوبٌ وَأَيُونِغٌ، بِالْوِلَايَاتِ الْمُتَّحِدَةِ،  
وَمُعْظَمُ حُرُوفِ النَحْرِ الْأَبْيَضِ الْمُتَوَسِّطِ فِي المِنطَقَةِ المَعْتَدِلَةِ.

## المناطق الساحلية

الْبُلْدَانُ المُحَاطَةُ بِالبَحْرِ والصَّغِيرَةُ الكُتْلَةُ الْأَرْضِيَّةُ يَسِيًّا، كَبْرِيَانِيَا وَبِيوزِيلَنْدَا، لَا مَكَانَ  
فِيهَا بَعِيدٌ جَدًّا عَنِ البَحْرِ، وَتَقَعُ مُنَاخُ مُقَرَّدِ الْإِعْتِدَالِ صَيًّا وَشِتَاءً؛ وَتُعْرَفُ شَأَحِيَا  
بِالْمُنَاخِ الْبَحْرِيِّ. وَفِي هَذَا المُنَاخِ لَا تُحْدِثُ تَغْيِرَاتٌ كَبِيرَةٌ فِي دَرَجَةِ الْحَرَارَةِ لِأَنَّ الْبَحْرَ  
لَا يَتَسَخَّنُ وَلَا يَبْرَدُ بِسُرْعَةٍ كَالْيَابِسَةِ، فَهُوَ يَمْتَصُّ الْحَرَارَةَ صَيًّا وَيُطْلِقُهَا شِتَاءً.

## مناخ صُغْرِي

الْمَسَاحَاتُ الصَّغِيرَةُ قَدْ تَخَصَّصُ  
بِمُنَاخٍ مُعَيَّنٍ يُسَمَّى مُنَاخًا  
صُغْرِيًّا. فَمُعْظَمُ الْمُدُنِ مُعَقَّاتٌ  
يَكْتَلِبُ هَوَائَهَا دَافِئًا تُدْعَى «جَزِيرَةً»  
حَرَارَتُهَا أَسْفَلُ بِحَالِهَا ٦°  
مِنْ الْهَوَاءِ خَارِجَ الْمَدِينَةِ. هَذِهِ  
صُورَةٌ لِنَقْطَتِهَا سَائِلٌ فُضَائِي  
خَاصٌّ لِمَدِينَةِ بَارِيْسَ، بِفَرَنْسَا،  
تُتَبَيَّنُ الْمَسَاحَاتُ الْأَكْثَرُ حَرَارَةً  
بِالْأَزْرَقِ وَالْمِنَاطِقُ الْأَبْرَدُ  
بِالْأَخْضَرِ.



## المناخ الاستوائي المداري

مُنَاطِقُ المُنَاخِ الْإِسْتِوَانِيِّ الْبَدَايِي تَقَعُ حَوْلَ خَطِ الْإِسْتِوَاءِ  
فِي نِطَاقِ خَطِّ الْغُرُوضِ ١٠° شَمَالًا وَ ١٠° جَنُوبًا، طَلَقُهَا  
حَارًّا دَوْمًا - فَتَتَرَاوَحُ دَرَجَةُ الْحَرَارَةِ بَيْنَ ٢٤° وَ ٢٧° م.  
وَتُصِيبُهَا نَوَابِتٌ مُنْتَظِمَةٌ مِنَ المَطَرِ الْغَوِيْرِ عَلَى مَدَارِ السَّنَةِ،  
يَحْتَسِبُ لَا يَبْقَى إِجْمَالِي الشَّائِطُ عَنْ ١٥٠ سم. وَهَذِهِ  
الظُّرُوفُ الشَّائِغَةُ مَنَائِلًا لِلْعَاقِبَاتِ الْمَطِيرَةِ.

## دليل الخارطة

- قشبي
- شعري
- جبلي
- شعولي بارد
- شعولي دافئ
- صحراوي
- دوسمي
- إستوائي مداري



## المناخ القطبي

مناخ الأستكا قطبي بارد جدًا وجاف تصحبه رياح قوية، والشمس دوماً خفيضة في الأفق حتى في منتصف النهار. ترتفع درجة الحرارة ضيقاً بالقرب من الشواجل إلى حوالي ١٠°س فقط، أما في الدّاخل فالبرودة أشدّ بكثير.

المناطق التندراوية  
المناخ بارد  
خفيضة كمية المطر  
وضيقها قصير.



## المناخ الموسمي

في مناطق المناخ الموسمي، تتغير الفصول فجأة من رطبة إلى جافة. ففي شمال غرب الهند تهب من الشمال الشرقي رياح جافة بأطراف بعيدة عن البر على مدى نصف السنة. ثم على مدى نصف السنة الآخر تهب رياح البحر من الجنوب الغربي حاملة أمطاراً غزيرة.

إندونيسيا

أستراليا

نيوزيلندا

## المناخ الصحراوي

في مناطق المناخ الصحراوي تقل كمية المطر الساقط سنوياً عن ٢٥سم. ولا تؤخذ عادة سحب تشرق الشمس تهاواً أو تحفظ الدّعة ليلاً. لذا فالنهار حار جداً (قد تبلغ فيه درجة الحرارة ٥٢°س)، والليل بارد جداً، هذه صحراء الأبراج الطبيعية في غرب أستراليا.

في مناطق المناخ المعتدل البارد يتساقط المطر على مدار السنة، ويكون الصيف حاراً نوعاً والشتاء بارداً.

## تصميم المباني لثلاثم الطقس

يُشيد الناس بيوتهم ليتلاءم مع المناخ. ففي أقصى الشمال، حيث المناخ مُمِلج دائم، تُشاد البيوت المؤقتة من قِطع الثلج والجليد كأكواخ الإسكيمو المؤقتة. وفي المناخ الحار، تجعل البيوت فسيحة قليلة الجدران الداخلية ومما يُسرّ دوران الهواء. وفي المناطق الموسمية تُشاد البيوت غالباً مرفوعة على ركائز لإنقاذها من المياه. وفي المناخ الصحراوي، تُطلى المباني باللون الأبيض ليعكس حرارة الشمس. وفي الأماكن المثلجية شتاءً تجعل سُقوف البيوت شديدة الانحدار كي ينزلق الثلج عنها بسهولة.



بيت شديد  
انحدار السقف  
في سويسرا.



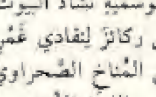
بيت مطلي باللون  
الأبيض في مصر،  
إفريقية



بيت مرفوع على  
ركائز في الهند،  
بأسيا



كوخ مؤقت في  
الأستكا، بأمريكا  
الشمالية



بيت شديد  
انحدار السقف  
في سويسرا.

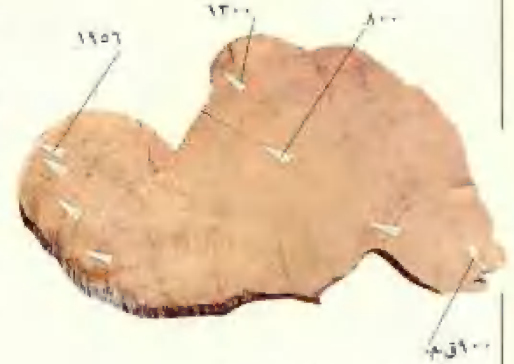
### لمزيد من المعلومات انظر

- انتقال الحرارة ص ١٤٢
- الفصول ص ٢٤٣
- المناخات المتغيرة ص ٢٤٦
- درجات الحرارة ص ٢٥١
- الصحاري ص ٣٩٠
- مناطق القطبين والتندرا ص ٣٨٢
- الجيال ص ٣٨٤
- حقائق ومعلومات ص ٤١٦



# المناخات المتغيرة

مناخات العالم دائمه التغير. في الماضي، كان العالم أحياناً أكثر سُخُونَهُ ومّا هو عليه اليوم، وأحياناً أكثر بُرُودَهُ. فَمُنْذُ أَكْثَرَ من ٦٥ مليون سنة، أيّامَ كَانَتِ الدينوصورات تجوب الأرض، لم يكن هنالك قَلَانِسُ جَلِيدِيَّةٍ قُطْبِيَّةٍ، وَكَانَتِ النباتاتُ المَدَارِيَّةُ تُعْطِي ما هي اليومَ مَنَاطِقُ مُعْتَدِلَةٌ. وَخِلَالَ بعضِ الأوقاتِ في المليونِ سَنَةِ المَاضِيَةِ امْتَدَّتِ المَنَاطِقُ الصَّخْمَةُ وَالغِطَاءَاتُ الجَلِيدِيَّةُ من مَنَاطِقِ القُطْبَيْنِ لَتُعْطِي مِسَاحَاتٍ شَاسِعَةً من سَطْحِ الأرض. وقد نَكُونُ مُقْبِلِينَ مُسْتَقْبَلًا على عَصْرِ جَلِيدِيٍّ، أو رُبَّمَا مَدَارِيٍّ، جَدِيدٍ - لَأَنَّ المَنَاطِقَ تَتَغَيَّرُ، لا طَبِيعِيًّا فَحَسْبُ، بَلْ، بِوَسْطَةِ الأَنْشِطَةِ البَشَرِيَّةِ أَيْضًا.



## دراسة حلقات النمو في الشجر

يسلط العلماء دراسة حلقات النمو في الحشب القديم لتقصي تغيّر المناخات، وهذا ما يُعرف بعلم المناخ الشجري. فَنَجِدُ أشجارَ الصنوبر الكاليفورني الهديّ الكبيران تُبَيِّنُ المَنَاطِقَ التي سادت منذ ٩٠٠٠ سنة حتى اليوم - فحلقة النمو الشميكة تعني طقسًا ملائمًا لنمو الأشجار في تلك السنة، فيما تعني الحلقة الرقيقة طقسًا باردًا جدًا أو جافًا جدًا.

## الجليد الأقصى

العصر الجليدي الأخير كان في أوجِه مُنْذُ حوالي ١٨٠٠٠ سنة. فامتدّ الجليد من القطب الشمالي حتى البحيرات الكبرى، في أمريكا الشمالية، جنوبًا، كما غطى معظم بريطانيا واسكتلندا. وكانت هنالك كتل جليدية أصغر في نصف الكرة الجنوبي.



## العصر الجليدي الكبير

يُعتقد العلماء أننا نعيش اليوم في عصر دافئ بين عصرتين جليديتين. فخلال عصور جليدية سالفة امتدّت الغطاءات الجليدية فوق أمريكا الشمالية وشمال غرب أوروبا وروسيا. ولعلّها غطّت جرينلاند والقارة القطبية الجنوبية معظم الوقت، لكن بأقْدَارٍ مُتفاوتة. ويُقدّر بعض علماء المناخ أنّ الأرض شهدت قُرَابَ دِفءٍ فاصِلَةٍ بين ١١ عصرًا جليديًا على الأقلّ خلال عَصْرِ جَلِيدِيٍّ كبير بدأ منذ ٣ ملايين سنة.

## الغطاء الجليدي اليوم

يدولنا الغطاء الجليدي في وقتنا الحاضر عاديًا بامتداده على مساحات صغيرة نسبيًا لكنّ الأرض، على مدى تاريخها الطويل، قلما أحتوت هذا القدر منه.



## العصر الجليدي الصغير

العالم كان أبرد مّا هو عليه اليوم بشكل ملحوظ على مدى معظم الألف سنة الماضية. فقد شهد فترة باردة بين سنة ١٥٥٠ وسنة ١٨٠٠ عُرفت بالعصر الجليدي الصغير. وفي أسوأ فصول الشتاء الباردة في القرنين السابع عشر والثامن عشر، شمل التجمّد حتى نهر التيمز في لندن، بإنكلترا، فأقيمت معارض الشتاء فوق النهر المتجمّد. وحتى مُنْذُ عهد قريب، عام ١٨٩٥، تجمّد نهر التيمز جزئيًا، كما تُبَيِّنُ صورة جسر لندن أعلاه. وتُضَلِّلُ، اوتفع مُعْدَلُ درجة حرارة العالم بصفّة درجة سيلسيوس (متريّة).

## جيمس كروول

العالم البريطاني، جيمس كروول (١٨٢١-١٨٩٠) نشأ في بيرث باسكتلندا، وترك المدرسة في سنّ الثالثة عشرة، لكنّه تابع دراساته بنفسه. وبعد أن تقلّب في وظائف عديدة، عُيِّنَ عام ١٨٥٩، قَبِيْنًا للمتحف الأندرسوني في غلاسكو، باسكتلندا. وفي عام ١٨٦٤، نشر نظريّة مُفَادِّها أنّ العُصُورَ الجَلِيدِيَّةَ قد سَبَّيْنَهَا التَّغْيِرَاتُ في مِيلَانٍ ومَحَوِرِ الأرض وفي مَدَارِهَا حَوْلَ الشَّمْسِ. كما لاحظ كروول أنّ هذه التَّغْيِرَاتِ، التي تعاقبت على دَوَرَاتٍ امتدّت آلاف السنين، سَبَّيَتْ تَغْيِرَاتٍ في تَسَاوِيِ الفصول، وهذا يدورّه كَانِ السَّبَبُ في دِفءِ الأرض أو بُرُودِهَا.







## التَّوَرُّانُ البركاني

قد يَسبِّبُ تَوَرُّانُ البراكين في تَغْيِيرِ السَّاحِلِ؛  
فَالْمُجَارُ السَّاحِلِيُّ عَالِيًا يَفْقِدُ الكَثِيرَ مِنْهُ فِي  
الْحَقْلِ. عام ١٩٩١، تَوَرَّكَ بَرْكَانُ جِل  
بِيَنَّاثير، في الفيليبين، قَادَمًا شَخْبًا ضَخْمًا  
مِنَ السُّلُوفَاتِ، فِي الْهَوَاءِ، انْتَشَرَتْ حَوْلَ  
العَالَمِ حَاجِبَةٌ حَرَارَةِ الشَّمْسِ، فَانْخَفَضَتْ  
مُعَدَّلُ دَرَجَةِ الحَرَارَةِ فِي الْعَالَمِ يَضْفُ  
دَرَجَةً سِلْسِيُوسٍ عَلَى مَدَى بَعْضَةِ شُهُورٍ.

٢ + °س

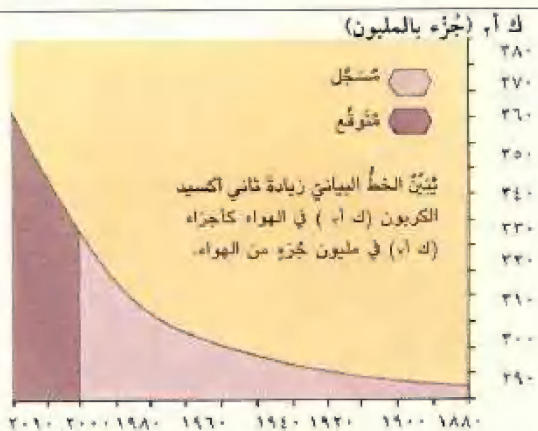
١ + °س

٣ + °س

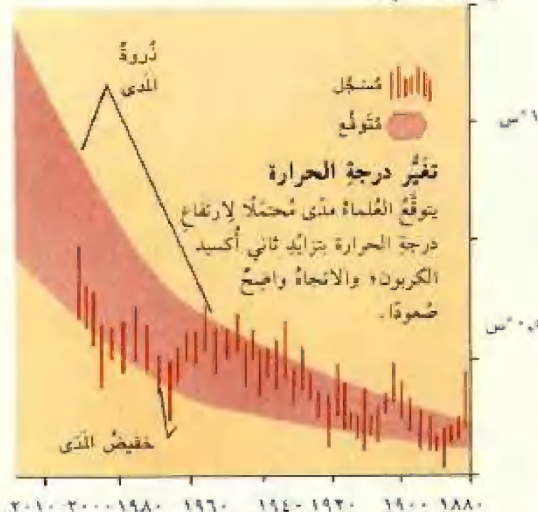
٥ + °س

## تَزَايُدُ ثَانِي أُكْسِيدِ الكَرْبُونِ

يَحْرِقُ النَّاسُ الْفُخْمَ وَالنَّفْطَ،  
وَيَلْذَثُونَ الْعَايَاتِ الَّتِي تَمُتُّ  
أَشْجَارَهَا ثَانِي أُكْسِيدِ  
الكَرْبُونِ. وَنَتِيجَةُ ذَلِكَ  
أَرْهَادَتْ كَمِيَّةَ ثَانِي أُكْسِيدِ  
الكَرْبُونِ فِي الْهَوَاءِ بِنِشَةِ ٢٥  
بِالنِّسْبَةِ مِّنْذُ الْعَامِ ١٨٨٠.



تَغْيِيرُ دَرَجَةِ الحَرَارَةِ



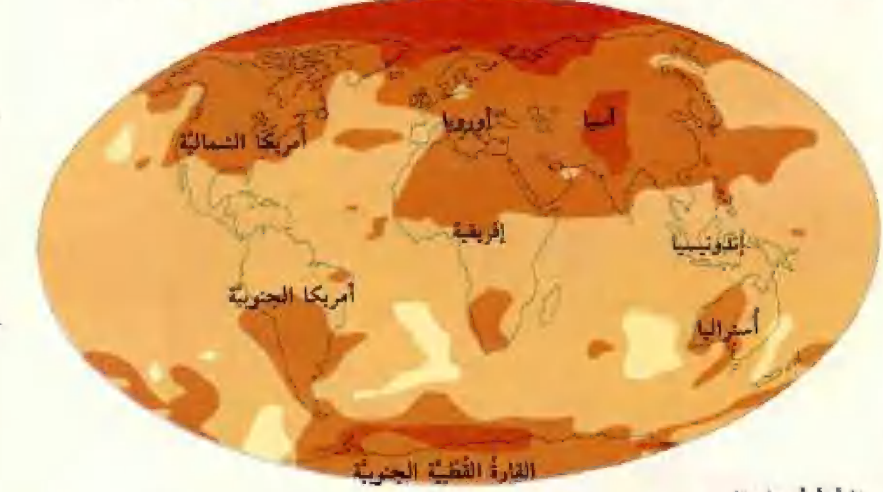
تَغْيِيرُ مَسْتَوَى سَطْحِ الْبَحْرِ



تَغْيِيرَاتُ مَسْتَوَى سَطْحِ الْبَحْرِ

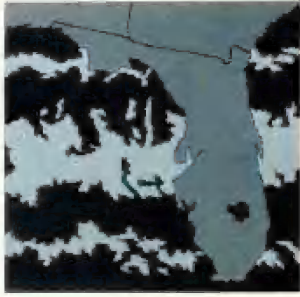
يَتَوَافَقُ الارتفاعُ الإجماليُّ لِمَسْتَوَى سَطْحِ الْبَحْرِ مِّنْذُ الْعَامِ ١٨٨٠ مَعَ  
أَرْتِفَاعِ دَرَجَةِ الحَرَارَةِ، وَهَذَا يَتَوَافَقُ تَمَامًا مَعَ مِقْدَارِ التَّمَدُّدِ الْمُتَوَقَّعِ  
فِي طَبَقَةِ السَّحَابَاتِ الْعُلْيَا فِيمَا لَوْ سَخُنَتْ يَضْفُ دَرَجَةً سِلْسِيُوسٍ.

لا تَغْيِيرُ



## الْحُمُومُ الْعَالَمِيَّةُ

هناك أسبابٌ طَبِيعِيَّةٌ لِقِسْخِ جَوْ الْأَرْضِ، لَكِنَّ النَّاسَ أَيْضًا يُسَهِّمُونَ فِي الْحُمُومِ الْعَالَمِيِّ بِقَرْطِ  
إِتْجَاهِهِمْ ثَانِي أُكْسِيدِ الكَرْبُونِ وَغَايَاتٍ أُخْرَى تُعْرَفُ بِغَايَاتِ الدَّقِيقَاتِ. هذه الغَايَاتُ تَحْتَسِبُ  
الحَرَارَةَ، وَتَمْنَعُهَا مِنْ أَنْ تَسْرُبَ إِلَى الْفَضَاءِ؛ فَهِيَ بِذَلِكَ تَعَزُّزُ ظَاهِرَةِ الدَّقِيقَاتِ. وَإِذَا لَمْ يَكُنْ  
أَنْدَاقُ ثَانِي أُكْسِيدِ الكَرْبُونِ وَغَايَاتِ الدَّقِيقَاتِ الْأُخْرَى فِي الْجَوِّ فَتَسْخُنُ الْعَالَمُ بِسُرْعَةٍ.  
وَيَبِينُ التَّوَقُّعُ الْحَاسُوبِيُّ الْمُقَابِلَ زِيَادَةَ دَرَجَاتِ الحَرَارَةِ عَامَ ٢٠١٠، بِالمُقَارَنَةِ مَعَ دَرَجَاتِ  
الحَرَارَةِ عَامَ ١٩٥٠.



## شَوَاهِدُ السَّاحِلَاتِ الْغَايِرَةِ

يَبِينُ الْمَنَاحُ الْغَايِرُ فِي هذهِ الْجِدَارِيَّةِ الْكَهْنِيَّةِ الْقَدِيمَةِ  
الَّتِي تُظْهِرُ مَوَاشِيَ تَرْعَى فِي الْمُهَضْبَةِ الجَوَافِرَةِ  
بِأَفْرِيقِيَّةِ. وَهذهِ الْمُهَضْبَةُ صَحْرَاوِيَّةٌ حَالِيًا، وَعَمَلِيَّةُ  
التَّضْعَرِّ هِيَ فِي قِسْمٍ مِنْهَا نَتِيجَةُ طَبِيعَةٍ لَتَغْيِيرِ  
الْمَنَاحِ، كَمَا إِنْ لِّلْأَنْشِطَةِ الْبَشَرِيَّةِ دَوْرًا فِيهَا أَيْضًا.

خُطُّ السَّاحِلِ فِي  
فِلُورِيدَا حَالِيًا.

ارتفاع ٣ م فِي مَسْتَوَى  
سَطْحِ الْبَحْرِ.

## أَرْضٌ تُغْمَرُ مُسْتَقْبَلًا

مَنَاطِقُ الْعَالَمِ الْخَبِيبَةِ سَتُغْمَرُ السَّامَاءُ الشَّامِلُ  
إِذَا مَا أَسْتَمَرَّ الْحُمُومُ الْعَالَمِيُّ وَأَرْتِفَاعُ مَسْتَوَى  
سَطْحِ الْبَحْرِ. وَيَبِينُ التَّزَعُّعُ الْحَاسُوبِيُّ الْمُقَابِلَ  
تَأْخِيرَ أَرْتِفَاعِ ٣ م فِي مَسْتَوَى سَطْحِ الْبَحْرِ عَلَى  
فِلُورِيدَا، بِالْوَلَايَاتِ الْمُتَّحِدَةِ. وَيُمْكِنُ حُدُوثُ  
ذَلِكَ جَلَالِ الْمِائَةِ السَّنَةِ الْقَابِغَةِ.

## لِمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- تَكَوُّنُ الْأَرْضِ ص ٢١٠
- الْبَرَاكِين ص ٢١٦
- الْجَلِيدُ وَالْمَنَاحُ ص ٢٢٨
- النَّمُو وَمَرَاجِلُهُ ص ٣١٢
- دَوَّرَاتُ فِي الْغُلَافِ الْخَبَوِيِّ ص ٣٧٢



# الجَوّ

الحياة على كوكب الأرض ما كانت ممكنة بدون الجوّ، فهو الغلاف الغازي الذي يقيها شعّ الشمس ويوفّر ظروف الحياة الملائمة ليعيش الحيوان والنبات. الكواكب الأخرى لها أجواء أيضًا لكنّها مختلفة جدًا. فجوّ الزهرة كثيف ثقيل يزيد ضغطه مئة مرّة عن الضغط الجوي على الأرض. وتلّف جوّ الزهرة سحب كثيفة تزيد من قدرته على احتباس حرارة الشمس فتصل درجة الحرارة إلى ٤٨٠°س، ممّا يجعل تواجّد الماء في حالة السيولة معدومًا.

بالمقارنة، فإنّ جوّ المريخ رقيق (ضغطه جزء في المئة من الضغط الجوي على الأرض) فلا يُعيق شعّ الحرارة التي تصله، على قِلتها، بسبب بُعْد الكوكب، فتتهبّط درجة الحرارة إلى -١٢٠°س، ممّا يستحيل معه تواجّد الماء سائلًا. وهكذا يلاحظ أنّ الظروف المتوافرة في

جوّ الأرض، وهي وسط بين الظروف على المريخ وعلى الزهرة، هي الظروف المثالية للحياة كما نعرفها.



## تصوير الأرض من الفضاء

تستطيع الشرائط الفضائية ألتقاط صور للأرض بثلاث أطوال موجية مختلفة في الوقت نفسه، فالصور بالأشعة فوق الحمراء تُبيّن تأثيرات درجة الحرارة - بالأزرق والأخضر والأبيض، من الحار إلى البارد. وتُبيّن الصور العادية اليابسة والبحار، كما تُبيّن صور أخرى كمّيّة بخار الماء في الهواء.

الغلاف الجوي الخارجي  
(الإكسوسفير)



## طبقات الجوّ

يتألّف الجوّ من خمس طبقات رئيسية هي: الغلاف السفلي (التروپوسفير)، والغلاف الطبقي (الستراتوسفير)، والغلاف المتوسط (الميزوسفير) والغلاف الحراري (الثيرموسفير)، والغلاف الخارجي (الإكسوسفير). ويخفّ الهواء بالارتفاع، لذا يتردّد مُستلَفو الجبال العالية بالأكسجين للتنفّس. فالغلاف الجوي السفلي هو الطبقة الوحيدة التي تستطيع الكائنات الحيّة التنفّس فيها طبيعيًا.



## نطاق حوّل الأرض

هذه الصورة المُنقطة من الفضاء عند غروب الشمس، تُبيّن نُفق الهواء المُتباينة الارتفاع (والمختلفة الكثافة) كما تُبيّن صيق نطاق الغلاف الجوي بمختلف أقسامه نسبيًا.

الثيرموسفير

الميزوسفير

الستراتوسفير

طبقة الأوزون

التروپوسفير

## الإكسوسفير

ترتفع طبقة الغلاف الجوي الخارجي قرابة ٩٠٠ كم فوق سطح الأرض. والهواء فيها رقيق قليل الكثافة جدًا، وتشتت جزيئات الغاز منه بالإفلات نحو الفضاء الخارجي.

## الثيرموسفير

يرتفع أعلى الثيرموسفير حوالي ٤٥٠ كم فوق سطح الأرض. وهذه الطبقة هي الأشد حرارة، لأنّ جزيئات الهواء القليلة فيها تمتص الإشعاع الواردة من الشمس، فتبلغ درجة الحرارة في أعلاها ٢٠٠٠°س.

## الميزوسفير

يرتفع أعلى الميزوسفير قرابة ٨٠ كم فوق سطح الأرض. وتهبّط درجة الحرارة في الميزوسفير إلى ما دون -١٠٠°س وهي أسخن في قسمها السفلي لأنه يكتسب حرارة من الستراتوسفير أدناه.

## الستراتوسفير

يمتدّ الستراتوسفير إلى ارتفاع يقارب ٥٠ كم فوق سطح الأرض. وتتراوح درجة الحرارة في هذه الطبقة من حوالي -٦٠°س في أسفلها إلى ما فوق درجة التجمّد بقليل في قسمها العلوي. وتشتت الستراتوسفير على طبقة من غاز الأوزون تمتص الأشعة فوق البنفسجية المؤذية من شعّ الشمس. ويقتل التلوث المُتراكم أحدث ظهّر تقوّب في طبقة الأوزون هذه.

## التروپوسفير

الظروف والأحوال الجوية تحدث في طبقة الغلاف السفلي المعروفة بالتروپوسفير. وتمتدّ هذه الطبقة ارتفاعًا حتى ٢٠ كم فوق سطح الأرض عند خط الاستواء، وحوالي ١٠ كم عند القطبين. وتركز فيها ٩/١٠ كتلة الغلاف الجوي كلّها.

## ارتفاع الغلاف الجوي

يمتدّ الغلاف الجوي شعاعًا فوق سطح الرأس حوالي ١٠٠٠ كم. وقد يبدو ذلك كثيرًا للوهلة الأولى، لكنّه ليس كذلك بالمقارنة حتى مع المسافات على سطح الأرض. فالمُنطلق في سيارّة سباق يقطع مثل هذه المسافة في بضع ساعات. وفي مثل هذا الوقت تستطيع أنت المشي مسافة أكثر من ارتفاع التروپوسفير.

١٠٠٠ كم





## طبقة الطقس

يُسمى الغلاف الجوي (التروبوسفير) أحياناً طبقة الطقس. فهو الطبقة التي يحدث فيها التحلل الحراري - حيث يرتفع الهواء الساخن ويهبط الهواء البارد ليحل محله. كما تتكون السحب في هذه الطبقة أيضاً، حاملة معها الأمطار والثلوج. وتحتبس السحب في التروبوسفير لأن الغلاف الطبقي (الستراتوسفير) فوقه أسخن، فيشكل غطاء له. أما درجة حرارة التروبوسفير فتتغير من مُعدّل ١٥°س في أسفله (سطح الأرض) إلى -٦٠°س في أغلاه المُسمّى التروبوبوز (منطقة الركود).



## جيمس جليشر

كان المُطّادّي الإنكليزي، جيمس جليشر (١٨٠٩-١٩٠٣) من المُهتَمين بدراسة الجوّ أيضاً. وقد صعد بشخصية هنري كوكسويل في مُطّادٍ إلى أعالي التروبوسفير فأكتشف تَنافُصَ درجة الحرارة بالارتفاع -

درجة لكل ارتفاع ١٥٠م. وفي إحدى مُطّعاته المُطّاديّة أُعْجِي على جليشر لأنه لم يكن مُزوَّداً بجهاز أكسجين للنفّس ولا بِمِرَّةٍ مُكيّفة. وفي العام ١٨٤٨، بدأ جليشر يُعدّ النشرة الجويّة لجريدة «الديلي نيوز» اللندنيّة للمرّة الأولى في أوروبا، كما أعدّ أيضاً بعض جداول الطقس اليوميّة الأولى.



٣٠ كم

٢٥ كم

٢٠ كم

١٥ كم

١٠ كم

الستراتوسفير

طبقة الأوزون

التروبوسفير

يرتفع الهواء أثناء عبوره الجبال. وهذا غالباً ما يجعل الطقس مختلفاً على جانبيها.

الشمحاقية هي أحد السحب ارتفاعاً إذ تتكوّن في أعالي التروبوسفير.

السحب المُدوّرة بالعواصف قد تعلو إلى قُراية ١٥٠٠٠م.

الطيران عبر التروبوسفير قد يكون كثير المُنطبات بفعل الهواء المُتحرّك.

تتكوّن سُحبٌ صغيرة بيضاء مُتفرّقة عندما ترتفع كتلٌ مُقامية من الهواء الدافئ فتبرد.

جميع السحب تقريباً تتكوّن في العشرة أو الإثني عشر كيلومتراً المُتّك من الجوّ.

الهواء مُشبع بخار الماء الذي يتكثّف قطرات مائيّة في بعض السحب ويُشكّلُ غُطراً.

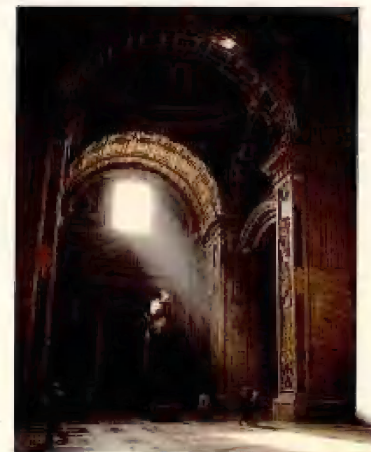
البزق يُسبّب تراكُم الكهرمائيّة الساكنة في السحب التي تُرافق العواصف.

### لمزيد من المعلومات انظر

- كيمياء الهواء ص ٧٤
- انقياس الحرارة ص ١٤٢
- السحب ص ٢٦٠
- تكوّن السحب ص ٢٦٢
- التنبؤ بالأحوال الجويّة ص ٢٧٠
- عُطارد والرّطوبة ص ٢٨٦
- الريّح ص ٢٨٩
- قدرات في الغلاف الجوّي ص ٣٧٢
- البشر وكوكبهم ص ٣٧٤

## تلوث الهواء

يُنبئ أبقراط الشمس المُشعة عن هذه النافذة في كاتدرائيّة القديس بطرس في روما، بإيطاليا، أنّ الهواء يُزخَر بِجُسيمات الغبار والأوساخ التي لا تُشاهد في مُعظم الأوقات. ولو تعلّق بِندبلاً أبيض نظيفاً خارج نافذتك في يوم غائم هادئ جاف ثمّ تنفّسه بعد عدّة ساعات، ستجد أنّ البندبل قد آتسّع بتعليقه خارجاً - بخاضة إذا كُنّت في مدينة صناعيّة. فذخّان المصانع وأفخنة السيّارات تُلوّث الجوّ، وأحياناً تُحتبس بعض المُلوّثات في الطبقة المُلتصقة بالأرض مُشبّهة للناس مشاكل في النفّس والتهابات في العيون.





# ضَغْطُ الهَوَاءِ

يُحِيطُ بنا الهواءُ من كُلِّ جانبٍ وقد نُحَسُّ به ولكنَّا لا نَراهُ. ضَغْطُ الهَوَاءِ (أو الضَغْطُ الجَوِّيُّ) هو القُوَّةُ التي يَضْغُطُّ بها وَزْنُ الهَوَاءِ على سَطْحِ الأرضِ بفعلِ الجاذبيَّةِ. إنَّكَ لا تَشْعُرُ بهذا الضَغْطِ لأنَّ في داخِلِ جِسْمِكَ ضَغْطًا مُساوِيًا مُضادًّا. في مُستوى سَطْحِ الأرضِ، يَكُونُ ضَغْطُ الهَوَاءِ على أَشَدِّهِ بفعلِ وَزْنِ الهَوَاءِ الفَرَقِيِّ الضَّاعِطِ إلى أَسْفَلِ، لَكِنَّهُ يَتَنَاقَصُ بِالارتِفاعِ بسببِ قِلَّةِ الهَوَاءِ الضَّاعِطِ حِثْثًا. وَنَلاحِظُ أَنَّ سَلْقَ البَيْضِ في الارتفاعِ العالِيَةِ يَحْتَاجُ إلى فِترَةٍ غَلِيانٍ أَطولَ لأنَّ الضَغْطَ الخَفِيفَ يَجْعَلُ المَاءَ يَغلي على درجَةٍ حِراةٍ أَخْفَضَ من ١٠٠°س. كَذَلِكَ فإنَّ مَقاصِرَ الطائِراتِ المُحَلِّقَةِ عالِيًا في الجَوِّ مُكَيِّفَةٌ الضَغْطِ بِحَيْثُ يَتَوافَرُ فيها ما يَكْفِي من الهَوَاءِ لِلتَنَفُّسِ.



خَرَائِطُ الضَغْطِ

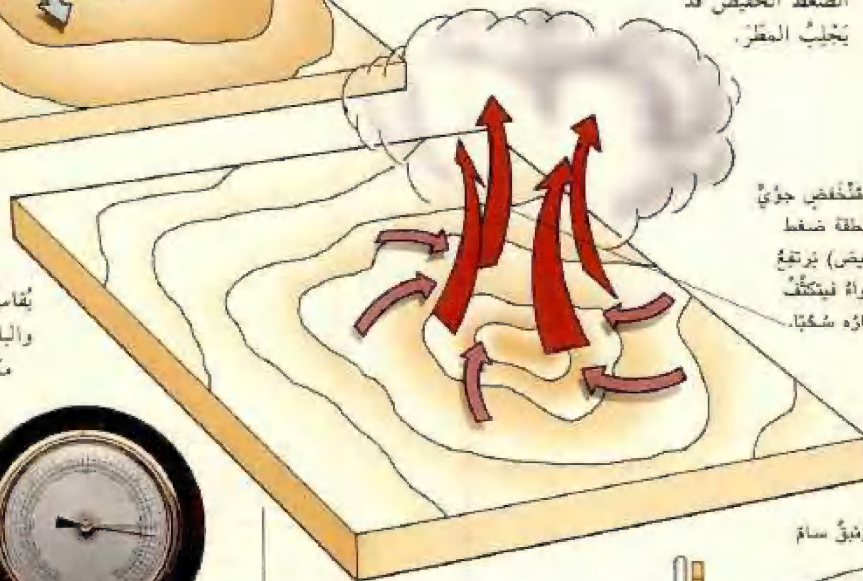
يُقاسُ الضَغْطُ بِالْمِلِّيِّ بار (ملب).  
على خَرَائِطِ الطَّقْسِ تُوضَلُ جَمِيعُ  
مَنَاطِقِ الضَغْطِ الشَّاصِي  
بِأُخْطَى يُسَمَّى خَطَّ نَاصِي  
الضَغْطِ (أيسوبار)، وَبِذَلِكَ يُبَكَّرُ بِسُهُولَةٍ  
تَسْيِيرُ مَنَاطِقِ الضَغْطِ العالِيِ وَالخَفِيفِ.



في  
مُرتَفَعٍ  
جَوِّيٍّ (مُنطَقَةٍ)  
ضَغْطٍ عَالٍ يَهْبِطُ  
الهَوَاءُ وَيَتَشَبَّثُ عَلى  
سَطْحِ الأَرْضِ: فيَمُتَلِشُّ  
الرُّطوبَةُ - وَيَتَحَشَّنُ الطَّقْسُ  
بِذَلِكَ عَادَةً.

## الضَغْطُ العالِيِ وَالخَفِيفِ

يَخْتَلِفُ ضَغْطُ الهَوَاءِ بَيْنَ مَكَانٍ وَآخَرَ، فَإِذَا كانَ الهَوَاءُ بارِدًا كَثِيفًا يَزْدَادُ ضَغْطُهُ على سَطْحِ الأرضِ. وَلَمَّا كانَ تَراصُّمُ الهَوَاءِ يَرْقَعُ من درجَةٍ حِراةٍ فَإِنَّهُ يُرافِقُ ذَلِكَ طَلَقُ جَيِّدٍ. في المَقابِلِ، فإنَّ الهَوَاءَ إِذا سَخُنَ تَقَلَّ كَثافتُهُ فَيَرتَفِعُ وَيَقِلَّ ضَغْطُهُ على سَطْحِ الأرضِ. وَالهَوَاءُ السَّاخِنُ أَيضًا قد يَتَحَرَّكُ مَاءٌ مِنَ البِحارِ وَيَحْمِلُهُ إلى الجَوِّ مُكَوِّنًا سَحَابًا. وَلِذا فإنَّ الضَغْطَ الخَفِيفَ قد يَجْلِبُ المَطَرَ.



في مَنطَقَةٍ جَوِّيِّ  
(مُنطَقَةٍ ضَغْطِ  
خَفِيفٍ) يَرتَفِعُ  
الهَوَاءُ فَيَتَشَبَّثُ  
بُخارُهُ سَحَابًا.

## البارومترات

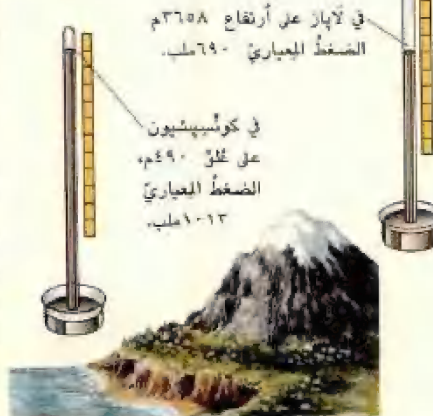
يُقاسُ ضَغْطُ الهَوَاءِ بِالبارومترِ.  
وَالبارومترُ المَعْدِنِيُّ، أَشْبَهُ بِسَاعَةِ  
مَكْتَبَةٍ؛ وَهُوَ بِجَواري غَلِيَّةٍ مَعْدِنِيَّةٍ  
مُتَسَبِّكةٍ مُفَرَّغَةٍ مِنَ الهَوَاءِ يَتَّصِلُ  
بِهَا مُؤَشِّرٌ. عَندما يَرتَفِعُ ضَغْطُ  
الهَوَاءِ، تَنضَبِطُ الغَلِيَّةُ إلى  
الداخِلِ فَيَتَحَرَّكُ  
المُؤَشِّرُ، مُبَيِّنًا التَغْيِيرَ،  
على مَدالَةِ القِياسِ المُدرَجَةِ.  
وَيُسْتَدَلُّ بِتَغْيِيرِ ضَغْطِ الهَوَاءِ  
على أحوالِ الطَّقْسِ المُتَوَقَّعةِ.



الضَغْطُ ثَبَتَ بِالْمِلِّيِّ بار  
وَبِالكِيلوغرامِ على السَنْتِمِترِ المُرَبَّعِ.

## الضَغْطُ وَالارتفاعُ

يَتَنَاقَصُ الضَغْطُ الجَوِّيُّ  
وَأنتَ تَسَلُّقُ جَبَلًا، وَيَتَبَيَّنُ  
ذَلِكَ مَنا بِقِياسِ الضَغْطِ  
الجَوِّيِّ في كُلِّ مَن مَدِينَةٍ  
كُونِيسِبُونِ وَلَإِيَّازِ في جِبالِ  
الأنديز، بِبُوليفِيَا.



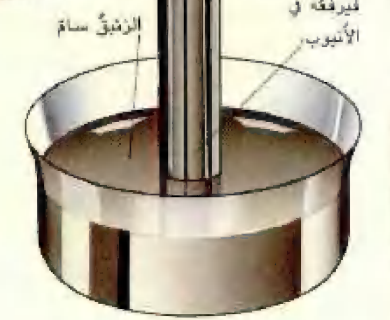
في لَإِيَّازِ على ارتفاعِ ٣٦٥٨ م  
الضَغْطُ الجَوِّيُّ ٦٩٠ ملب.

في كُونِيسِبُونِ  
على طَلقِ ٤٩٠ م،  
الضَغْطُ الجَوِّيُّ  
١٠٦٣ ملب.



السَنْتِمِترُ الواحدُ  
= ١٣,٣٣ مِلِّي بار

يَضْغُطُّ الهَوَاءُ  
سَقْلًا على الرُّزِقِ  
فَيَرتَفِعُ في  
الأُنبُوبِ.



## تَغْيِيرُ الضَغْطِ

الأُنبُوبُ الرِّجَاجِيُّ القائِمُ في طَلَبِ مَكشُوفٍ مِنَ  
الرُّزِقِ وَسِيلةٌ بَسِطَةٌ لِمُشاهَدَةِ تَغْيِيرَاتِ الضَغْطِ.  
فَتَغْيِيرَاتِ الضَغْطِ أَرْتِفاعًا أو أَنْخِفاصًا يَتَغَيَّرُ  
مُسْتَوَى الرُّزِقِ داخِلَ الأُنبُوبِ.

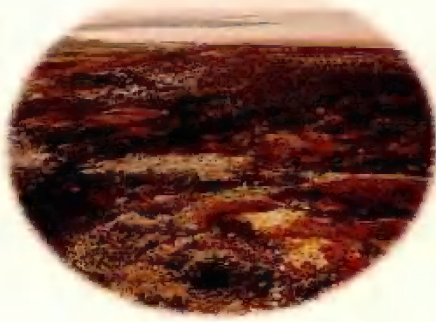
## لَمزيد من المعلومات انظر

- الجاذبيَّة من ١٢٢
- الضَغْط من ١٢٧
- الجَز من ٢٤٨
- الغَيَّباتُ الشَّاصِيَّة من ٢٥٣
- تَكُونُ السَّحَاب من ٢٦٢
- التَّبَيُّرُ بِالأحوالِ الجَوِّيَّة من ٢٧٠



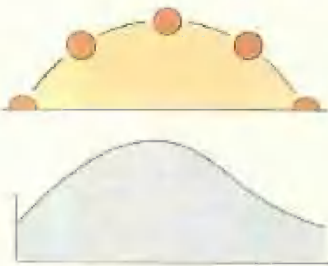
# درجات الحرارة

تختلف مناطق الأرض بين حارة وباردة. فمثلاً يبلغ مُعدَّل درجَات الحرارة ٣٤°س في دَلُول بالحبشة؛ فيما يبلغ - ٥٦°س في مركز پلاتو للأبحاث بالقارة القطبية الجنوبية. وتُبلغ درجَات الحرارة دائماً حدّها الأقصى في مناطق خطّ الاستواء، بخاصة حيث تنعدم السحب فتصل حرارة الشمس إلى الأرض دون عائق. بينما تبلغ حدّها الأدنى في المناطق البعيدة عن خطّ الاستواء، وأيضاً حيث تنعدم السحب فتصل الحرارة بسهولة إلى الفضاء. وتعتمد درجة الحرارة أيضاً عكسياً على بياض الموقع، وهو مُعدَّل ما يعكسه سطحه من شعّ الشمس الواقع عليه. فمناطق الثلج والجليد العالية البياض تعكس الإشعاع الشمسي إلى الفضاء، فتبقى درجَات حرارتها خفيفة؛ فيما تمتص الأراضي الجرداء والغابات مزيداً من الإشعاع فتبقى دفيئة حارة.



## درجة الحرارة الأعلى

أعلى درجة حرارة سُجِّلَت حتى اليوم كانت في العزيزية، بليبيا على مُقرَّب من الصحراء الكبرى، وبلغت ٥٨°س في الظل.



## تغيّرات درجَات الحرارة

تتغيّر درجَات الحرارة خلال ساعات اليوم الأربع والعشرين، فتكوّن خفيفة ليلاً وعالية نهاراً. وفي المناطق الواقعة بين خطّ الاستواء والقطبين قد يُبلغ مدى التغيّر اليومي في درجَات الحرارة ١٠°س.



## أبرد مكان على الأرض

أدنى ما سُجِّل من درجَات الحرارة على سطح الأرض كان في مركز فوستوك بالقارة القطبية الجنوبية، حيث بلغت - ٨٩°س في تموز (يوليو) عام ١٩٨٣، وهي أبرد بكثير من درجة حرارة المُجمّدات في ثيوتنا.

### لمزيد من المعلومات انظر

- إنشأان الحرارة ص ١٤٢
- الفضول ص ٢٤٣
- الشاخ ص ٢٤٤
- رصد الطقس ص ٢٧٢
- مناطق القطبين والاندرا ص ٣٨٢
- المسحاري ص ٣٩٠
- حقائق وتعلّومات ص ٤١٦

## درجَات حرارة الهواء

تُسجّن الأرض سطح الشمس الساقط عليها؛ لكن الهواء يُسجّن بالحرارة المساعدة من سطح الأرض. لذا تكون قُمة الجبل دائماً أبرد من قاعدته - كما يبيّن من مُعدّلات درجَات الحرارة لشهر حزيران في لآناز وكونيبيسون، ببوليفيا.



## تلقّي حرارة الشمس

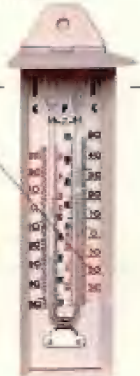
تختلف درجَات الحرارة حول العالم نتيجة لطريقة سقوط أشعّة الشمس على السطح. ففي مناطق خطّ الاستواء تسقط أشعّة الشمس عمودياً على سطح الأرض - فتكون تلك المناطق حارة عادة. أمّا في مناطق القطبين، تسقط أشعّة الشمس على الأرض مُسطحة فتتشتّر حرارتها.

في لآناز، على غلّز  
٣٦٥٨م، تبلغ  
درجة الحرارة في  
شهر حزيران  
(يونيو) ١٧°س

في كونيبيسون، على غلّز  
٤٩٩٠م، تبلغ درجة الحرارة في  
شهر حزيران (يونيو) ٢٧°س.



يُحرّك السائل  
الصاعد في كلّ  
أنبوب مؤشراً يبقى  
على درجة الحرارة  
القُصوى أو الدنيا  
التي يُصل إليها.



## موازين الحرارة (الترمومترات)

يجب أن تُقاس درجة الحرارة دائماً في الظل. فتتغيّر درجة الحرارة اليومية يُمكن قياسه بمقياس نهائي الحرارة العظمى والصغرى، الذي يُبيّن درجتي الحرارة القُصوى والدنيا لذلك اليوم.



# الرطوبة

نقول إنَّ الطقس رطب عندما يحوي الهواء وَفَرَّةً من بُخارِ الماء؛ وتزداد بِسَخونةِ الهواءِ قُدْرَتُهُ على حَمْلِ الرُّطوبة. وتَمْتَلِئُ عَجَزَةُ الهواءِ عن حَمْلِ المَزِيدِ من بُخارِ الماء، تَكُونُ نِسْبَةُ الرُّطوبةِ فيه عِنْدَئِذٍ ١٠٠ بالمئة؛ فَيَأْخُذُ البُخَارُ بالتَكَاثُفِ مُكَوِّنًا السُّحُبَ والضَّبَابَ والمَطَر.

يَجُودُ نَمُوُ النَّبَاتِ في أَجْواءِ الرُّطوبةِ العَالِيَةِ، لَكِنَّ هَذِهِ تُضَاقِقُ الإنسانَ إِذْ يَتَعَذَّرُ تَبْخُرُ العَرَقِ لِتَبْرِيدِ الجِسْمِ. والرُّطوبةُ الخَفِيفَةُ ثَلَاثُمِ الإنسانَ لِكِنَّهَا تُعَبِّقُ نَماءَ الزُّرُوعِ. يُمَيِّزُ العُلَمَاءُ بَيْنَ الرُّطوبةِ وَهي كَمِّيَّةُ بُخارِ الماءِ الموجودةِ في الهواءِ وَبَيْنَ

الرُّطوبةِ النِّسْبِيَّةِ، وَهي كَمِّيَّةُ البُخارِ الموجودةِ في الهواءِ مَنسُوبَةً إلى الكَمِّيَّةِ القَصْوى من البُخارِ الَّتِي يُمكنُ أَنْ يَحْمِلَهَا الهواءُ في دَرَجَةِ الحرارةِ تِلْكَ.



الشَّعْرَةُ المَحْدُولَةُ داخِلُ بَيْتِ المِرطَابِ تَمُخَّطُ في الطَّقْسِ الرُّطْبِ وتَقْلُصُّ في السُّقْسِ الجافِّ؛ فَنُفِذُ قُرُصًا دَوَّارًا.



المرأة خارج بيت المِرطاب في الخريف الخفيف الرطوبة.

على القرص الدوار دُمَيَّتَانِ على شكل رَجُلٍ وَأَمْرَأَةٍ في الأَجْواءِ الرُّطْبِيَّةِ تَتَشَفَّعُ الشَّعْرَةُ

المُخَطَّطَةُ بِزُورَانِ القُرْصِ قَبْلَئِذٍ الرَجُلُ وفي الجَوِّ الجافِّ تَقْلُصُّ الشَّعْرَةُ وتُشَدُّ القُرْصُ فَنُظْهِرُ المَرَأَةَ.

## قياس الرطوبة

نُقَاسُ كَمِّيَّةِ الرُّطوبةِ في الهواءِ بِوَسِيطَةِ المِرطَابِ (الهيجرومتر)؛ وَنُعرَفُ من هَذَا المِقْيَاسِ أَنْوَاعٌ مُخْتَلِفَةٌ - كانَ أَوَّلُهَا إِسْفِنْجَةٌ تَمْتَصُّ الماءَ من الهواءِ الرُّطْبِ فتُصْبِحُ أَثْقَلُ. أمَّا بَيْتُ الطَّقْسِ فَهو مِرطَابٌ بِسِيقِ بَيْتِ رطوبةِ الطَّقْسِ بِأَمْتِطَاطِ شَعْرَةٍ في دَاخِلِهِ. (بَيْنَ الخَفَافِ والإِشْاعِ يَزْدَادُ طَوْلُ الشَّعْرَةِ ٠.٣٪).



الزراعة غسيرة في الصحاري، كهذه الصحراء في شبة جزيرة العرب، ليشع الحار فيها للناس والمواشي والزروع.



تزدحم الزراعة في المناطق ذات الرطوبة المتوسطة كبريطانيا وحوض البحر المتوسط.



تكثر المطر في المناطق ذات الرطوبة العالية، فتوفر غرورًا مثالية ليشم النباتات. كهذه الغابة المطيرة في جزيرة غرناطة.

## تأثيرات الرطوبة

بُخَارُ الماءِ في الهواءِ مُهِمٌّ وَحَرُورِيٌّ لِنَقَاءِ الحَيَاةِ؛ فَحَيْثُ تَنخَفِضُ الرُّطوبةُ إلى أَقَلِّ من ١٠ بالمئة تَكُونُ الصَّحَارَى. أَحْبَابًا تَنخَفِضُ الأَمْطَارُ السَّعَادَةُ غِنِ مَنطَقَةٍ، وَقَدْ يَتَرُصُّ سَكَّانُهَا لِلْمَجَاعَةِ. في المُقَابِلِ، تَنموُ الأَدْعَالُ بِكَثَافَةٍ حَيْثُ الرُّطوبةُ مُرتَفِعَةٌ.

## التكيف مع الرطوبة

العِلَلُ الشَّاقُّ مُتَهَكٌّ في الجَوِّ الرُّطْبِ بِخَاطِبَةٍ لَمَنْ لَمْ يَتَعَوَّدَ، لِأَنَّهُ يَتَعَذَّرُ تَبْرِيدُ الجِسْمِ (بِالتَّعَرُّقِ) في الهواءِ الرُّطْبِ. لَكِنَّ بِالسَّيْرِ والمُمارَسَةِ يُصْبِحُ الجِسْمُ أَكْثَرُ قُوعَالِيَّةً وَأَحْتِمَالًا. لَقَدْ دَأَبَتِ الرِّيَاضِيَّةُ المِرْطَابِيَّةُ، إِيقُونُ مُوزِي، على التَّدْرِبِ في قَلْبَةِ حَيْثُ الرُّطوبةُ عَالِيَةٌ؛ اسْتِعْدَادًا لِلشَّارِكَةِ في مُبَارَاةِ البُلْغُولَاتِ العَالَمِيَّةِ في طوكيو، بِالْيَابَانِ، حَيْثُ الرُّطوبةُ أَكْثَرُ بِكَثِيرٍ مِنَّا هِي عَلَيْهِ فِي بَرِيطَانِيَا.

## فرديناند الثاني

كان دوق تسكانيا،

فرديناندو دي

ميديشي

(١٦١٠-١٦٧٠)،

عالمًا ومُخْتَبِرًا

إيطاليًا يَعْمَلُ مع

غاليليو.

فاخترع عام

١٦٥٥ مِرطَابَ

التَكَاثُفِ - وَتَحَسَّبَ بِهِ رُطُوبَةُ الهواءِ بِقِيَاسِ

كَمِّيَّةِ النَّدَى المُتَكَاثِفِ على سَطْحِ بَارِدٍ. كَمَا

أَخْتَرَعَ أَيضًا مِيزَانَ الحرارةِ (الْتَرْمُومِتر)

الْحَدِيثِ ذَا الأَنْبُوبِ الزُّجَاجِيِّ المَسْدُودِ بِطَرِيقَةٍ

خَاصَّةٍ تَضَمِّنُ عَدَمَ تَأْثِيرِ الضَّغْطِ الجَوِّيِّ على

نَتَائِجِ قِرَآءَتِهِ.



## لمزيد من المعلومات انظر

تغيّرات الحالة ص ٢٠

الحرارة ص ١٤٠

تكوّن السحب ص ٢٦٢

الضباب والغيّورة والضخانات ص ٢٦٣

المطر ص ٢٦٤، رُضْدُ الطَّقْسِ ص ٢٧٢

الصحاري ص ٣٩٠

الغابات المطيرة الاستوائية ص ٣٩٤



# الجبهات المناخية



## حلول جبهة باردة

تجلبت الجبهة الباردة سُحُبًا ونُظُرًا عند حلولها وقد يرافُق ذلك عصفافات ريح قوية بشكل عواصف أو زوايح غنية.



## حلول جبهة دافئة

لا يتغيّر الطقس في البداية عند حلول الجبهة الدافئة وتبدو أول دلائل التغيّر يظهر سُحب سمحاقية رقيقة في أعالي الجو يليها رذاذ خطيف.

سمحاق (سحابة رقيقة)

طقس العالم المتباين حول الأرض تحكمه منظومات جوّية مُدوِّمة صَحْمَة تُعرَف بالمرتفعات والمنخفضات الجوّية - أي مناطق الضغط العالي والحفيظ، فمناطق الضغط العالي (مُضادّة الأعاصير) تتكوّن بالهواء الهابط، وتتحرّك ببطء يستقرّ به الطقس. وهذا الهواء الجافّ يجعل الطقس جافًا وحارًا في الصيف، وباردًا صافيًا في الشتاء. أمّا مناطق الضغط الحفيظ، المعروفة بالمنخفضات الجوّية، فسببها الهواء الصاعد؛ ويحدث هواؤها الرطب سُحبًا ومُطرًا، وربما ثلجًا. ويتكوّن المنخفض الجوي بتصادم نطاق من الهواء الساخن مع آخر من الهواء البارد، فيتدافعان دون أن يمتزجا. فتتكوّن الجبهات عند حدود الكتل الهوائية ويصبح الطقس غير مُستقر. وقد يبلغ عرض المنخفض الضغطي مئات الكيلومترات، لكنّه غالبًا ما يعبر الأجواء في أقلّ من ٢٤ ساعة. عادة، الجبهة الدافئة هي التي تصل أولًا؛ وبعد عبورها تأتي الجبهة الباردة في إثرها.

هذا المنخفض الضغطي سائر من اليمين إلى اليسار.

هواء ساخن

هواء بارد

هواء ساخن

هواء بارد

هواء ساخن

هواء بارد

هواء ساخن

هواء بارد

هواء ساخن

هواء بارد

هواء ساخن

هواء بارد

هواء ساخن

هواء بارد

هواء ساخن

هواء بارد

هواء ساخن

هواء بارد

هواء ساخن

هواء بارد

هواء ساخن

هواء بارد

## الجبهات الباردة

الجبهة الباردة ورائها هواء بارد، وهي أكثر أنحدارًا من الجبهة الدافئة. يتدفع الهواء البارد تحت الهواء الساخن، فيرتفع بخار الماء ويتكثف سُحبًا وأمطارًا. ومع اتخفاض ضغط الهواء تشتدّ الرياح. ويتقدّم تقدم الجبهة غالبًا زخات المطر من السحب المظيرة المتناظرة خلفها.

جبهة دافئة

جبهة باردة

## خريطة الطقس

تشكل الجبهات

على خريطة الطقس بخطوط ذات أشكال، أو ذات خدشات. فالأشكال تُشير الجبهة الباردة، بينما تشير الخدشات إلى جبهة دافئة. أحيانًا كثيرة، عند تحرك المنخفض الجوي، تلتحق الجبهة الباردة بالجبهة الدافئة. فتتأثر الأشكال والخدشات على أبعاد الخط، ويُشكّل هذا جبهة مُرتجة.



جاف حار

شماري قاري

رطب دافئ

شماري بحري

جاف بارد

قطبي قاري

رطب بارد

قطبي بحري

## الكتل الهوائية

تتكوّن فوق أقسام مختلفة من الأرض أربع كتل هوائية رئيسية؛ وهي تؤثر في طقس المناطق التي تقع فوقها. تسوق الرياح تلك الكتل؛ وحيث تتلاقى هذه الكتل وتزاحم يكون الطقس مُتقلّبًا جدًّا.

## لمزيد من المعلومات انظر

المناخ ص ٢٤٤

ضغط الهواء ص ٢٥٠

الرطوبة ص ٢٥٢

السحب ص ٢٦٠

تكوّن السحب ص ٢٦٢

التنبؤ بالأحوال الجوية ص ٢٧٠



# الرياح

الهواء لا يتوقف عن الحركة، وفي تحركه يحمل الحرارة والماء حول الكرة الأرضية فينتج الطقس في مختلف المناطق. تهب الرياح العالمية بسبب الفرق في ضغط الهواء ودرجة الحرارة بين مكان وآخر. فالرياح تهب من مناطق الضغط العالي إلى مناطق الضغط الخفيض. ويمكنك تبيان ذلك بتفخ بالون بالهواء فيزداد ضغط الهواء بداخله، وعندما تدفع الهواء يفلت، يندفع الهواء كالريح إلى خارج البالون - حيث الضغط أخفض. والهواء الساخن أقل كثافة من الهواء البارد، فيرتفع في الجو تاركاً وراءه منطقة من الضغط الخفيض، يملأها الهواء البارد الذي يهبط ليحل محله. إن دوران الهواء هذا هو الذي يكون الرياح.



## اتجاه الرياح

يستخدم كم الرياح في المطارات الصغيرة ليبين شدة الرياح واتجاهها لربابية الطائرات. فالكلم المتهدل يعني رياحاً خفيفة زخاء. لكن عندما يشتد هبوب الرياح، يسطر الكلم بهواء متحرك ويتفتح عارقاً باتجاه هبوب الرياح. وتوصف الرياح بالاتجاه الذي تهب منه - فالرياح الغربية، مثلاً، تهب من الغرب، والرياح الشمالية تهب من الشمال.



## التياران الثابتان (النافورتان)

على ارتفاع حوالي ١٠ كم فوق سطح الأرض يدور تياران نافورتان قويان حول الأرض - واحد في نصف الكرة الشمالي والآخر في نصف الكرة الجنوبي. وهذه الصورة، الملتقطة من الفضاء، تبين شحب التيار النافوري فوق مصر. ولا يتعدى عرض التيارين الطائفي وضع مئات من الكيلومترات، لكنهما يمتدان أحياناً إلى نصف المدى حول الأرض. وتهبان عادة بسرعة تقارب ٢٠٠ كم/ساعة أو أكثر. هذان التياران عظيمان الأثر في تحريك الكتل الهوائية الرئيسية؛ وبالتالي، فتأثيرهما عظيم في أحوال الطقس.

## الرياح المحلية

في جميع أنحاء العالم هناك رياح محلية منتظمة تُعرف بأسماء خاصة كالفهن، مثلاً، وهي ريح جافة تهب من جبال الألب في أوروبا. العاصفة الميئة في الصورة هنا تهب فوق ماينفورد في جبال الألب. ومن الرياح المحلية أيضاً الشبوك، وهي ريح جافة تهب من شديدة شرق جبال الروكيز في أمريكا الشمالية، فُسبب تغيرات سريعة في درجات الحرارة والرطوبة. ومنها كذلك ريح العليب وهي تسم بحري تسمى ينشاً قرابة الظهر في فيرنيل، بأستراليا، ومنها أيضاً الباميرو وهي ريح جنوبية غربية باردة تهب من جبال الأنديز في أمريكا الجنوبية.



## نطاق الرهو الاستوائي

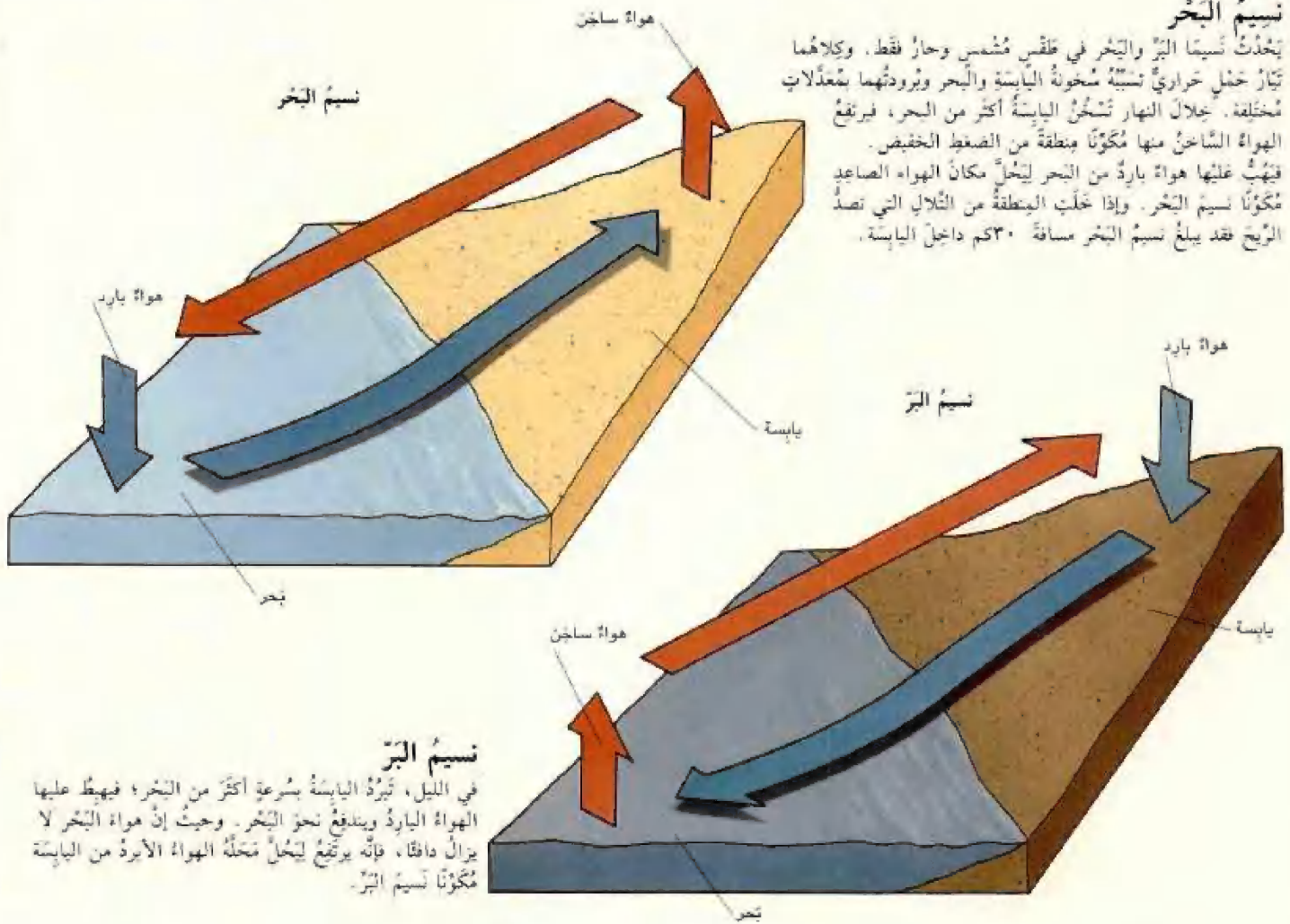
تمتد على طول خط الاستواء ومنطقة من الضغط الخفيض، حيث تتلاقى الرياح التجارية. في هذه المنطقة، المعروفة بنطاق الرهو الاستوائي، تخمد الرياح. وكانت حركة السفن الشراعية تعطل بسبب خمود الرياح في هذه المنطقة؛ وقد تنفذ مؤنهما من الطعام والماء بانتظار أبحارها نحو الرياح التجارية.





## نسيم البحر

تحدث نسيما البحر والبحر في قفص شمسي وحار فقط، وكلاهما تيار حمل حراري نشيبي متخونه اليابسة والبحر ويرودهما بتعدلات مختلفة. خلال النهار تسخن اليابسة أكثر من البحر، فيرتفع الهواء الساخن منها مكوناً منطقة من الضغط الخفيض. فينتج عنها هواء بارد من البحر ليحل مكان الهواء الصاعد مكوناً نسيم البحر. وإذا خلت المنطقة من التلال التي تصد الرياح فقد يبلغ نسيم البحر مسافة ٣٠ كم داخل اليابسة.



## نسيم البر

في الليل، تبرد اليابسة بسرعة أكثر من البحر؛ فيهبط عليها الهواء البارد ويندفع نحو البحر. وحيث إن هواء البحر لا يزال دافئاً، فإنه يرتفع ليحل محل الهواء الأبرد من اليابسة مكوناً نسيم البر.

## برج الرياح

في القرن الأول ق.م.، شيد عالم الفلك اليوناني، أندرونيكوس، برجاً للرياح يتألف من ثمانية جوانب تقف على كل جانب منها إله للريح. وكان كل إله يمثل نمط الريح الخاص به؛ فظهر بوريوس، إله الرياح الشمالية الباردة، على شكل رجل عجوز مرتدياً ملابس دفيئة ويعرف موسيقاه على صدفة محارة؛ بينما بدا إله الرياح الشرقية الدافئة مرتدياً ملابس خفيفة ويحمل قالكه وخباً.



## أرقام قياسية للريح

ساحل جورج الخامس في القارة القطبية الجنوبية - الشبيل هنا هو أكثر الأمكنة تعرضاً لهُبوب الرياح في العالم حيث تهب الرياح على نحو منظم بسرعة ٣٢٠ كم/سا. أما الرقم القياسي المسجل لأقصى سرعة رياح على سطح الأرض فهو ٣٧١ كم/سا وذلك على جبل واشنطن في نيوهامبشير، بالولايات المتحدة، وقد سُجل في ١٢ نيسان (إبريل) عام ١٩٣٤.



## قدرة الريح

يمكن تسخير الريح لتوليد الكهرباء. ففي محطة اختبارية بالولايات المتحدة، تدار، طليعاً، صفوف متوالية من الطواحين الهوائية بقدرة الرياح المحلية. وهي بدورها تُسخر لريانات مُولّد كهربائي تُنتج بجمعها طاقة كهربائية تكفي لإمداد مدينة صغيرة بالكهرباء للإضاءة والتدفئة. وبخلاف محطات القدرة العادية بالفحم أو بالطاقة النووية، فالريانات الهوائية لا تُحدث تلوثاً.



### لمزيد من المعلومات انظر

- مصادر الطاقة ص ١٣٤
- انتقال الحرارة ص ١٤٢
- الفضول ص ٢٤٣
- تسليط الهواء ص ٣٥٠
- درجات الحرارة ص ٢٥١
- الجيئات المناخية ص ٢٥٣



# قُوَّةُ الرِّيحِ

لِلرِّيحِ تأثيرٌ كبيرٌ على حياتنا، فهي الصديق والعَدُوُّ في آنٍ - أحياناً نَهَبُ لطيفةً في نسيمٍ مُعتَشٍ، وأحياناً أخرى نَهَبُ عَنيفةً في عواصفٍ وأعاصيرٍ تُسبِّبُ أضراراً واسعةً النطاق تدميراً وقتلاً. أوَّلُ مُحاولَةٍ مُقنَّنةٍ لقياسِ سرعةِ الرِّيحِ كانت من وَضَعَ الأميرال السير فُرنسيس بُو فورْت عام ١٨٠٥. فقد أَسْتَبْطَ مِقياساً يُساعدُ البَحَّارةَ في تقديرِ قُوَّةِ الرِّيحِ. قديماً، كانت طاقةُ الرِّيحِ تُستخدَمُ في طَحْنِ الحُبوبِ؛ وحديثاً لا تزالُ طاقةُ الرِّيحِ تُستخدَمُ رُغمَ كُلِّ التَّقْنِيَّاتِ الحديثةِ. فهي اليومَ تُسَخَّرُ في إدارةِ التُّرَبِيَّاتِ الهوائيَّةِ لِتوليدِ الكهرباءِ.

- (مِيفِر) هواءٌ ساكنٌ. مِيفِرٌ المِيفِرُ يَضَعُ غُمدِيَّ.

١. هواءٌ خفيفٌ - سرعةُ الرِّيحِ ٣ كم/سا. يُشعرُ الدُّخانُ قليلاً.

٢. نسيمٌ خفيفٌ - سرعةُ ٩ كم/سا. تُشعشعُ خفيفٌ أوراقُ الشَّجَرِ، وتُجسُّ بالهواءِ على وجْهِكَ.

٣. نسيمٌ لطيفٌ - سرعةُ ١٥ كم/سا. أوراقُ الشَّجَرِ وأغصانُها الطَّرِيَّةُ تتحركُ، والأعلامُ تُرفرفُ.

مِرياحٌ (مِقياسُ رِيحٍ) من القرنِ القادِمِ



## مِرياحٌ

المِرياحُ آلةٌ لِمِقياسِ

سُرعةِ الرِّيحِ. وكانت

أوائلُ هَذِهِ الآلاتِ تتألفُ

من ثَوبَةٍ تُدْفَعُ فوقَ مِقياسِ

مِدرَجٍ مُقَوَّسٍ. أمَّا مِقياسُ الرِّيحِ الحديثُ فتألفُ

من ثلاثةِ أَتَوابٍ أو أَكثَرٍ مُرتَبِعةٍ على أَطرافِ

أَفْزَعٍ تُدَوِّمُ حَوْلَ غُمدٍ قائِمٍ، فَتُجَلِّدُ بِدَوَّارِها

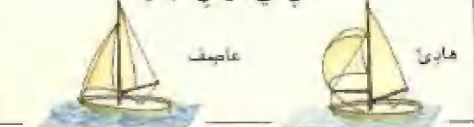
سُرعةَ الرِّيحِ على فَرَصِ مِدرَجٍ.

## مِقياسُ بُو فورْت

مِقياسُ قُوَّةِ الرِّيحِ هَذَا اعْتَمَدَ أَصْلاً على تأثيراتِ سُرعةِ الرِّيحِ على سَفيحَةٍ شِراعيَّةٍ كامِلَةٍ التَّجهِيزِ، لِتَحْدُدَ كَمِيَّةَ الأَسْرعةِ الَّتِي يَحْبُ نَشْرُها أَثناءَ هُبُوبِ الرِّيحِ المُخْتلِفةِ الشَّدَّةِ. ولا يَزَالُ هَذَا المِقياسُ يُستخدَمُ حتَّى اليومِ. وقد كُفِّتَ لِلاستِخدامِ على البَاسِطةِ أَيضاً. يتألفُ المِقياسُ من ١٣ دَرَجَةٍ تُحَدِّدُ قُوَّةَ الرِّيحِ من السُّكونِ التَّامِّ حتَّى الأعاصيرِ.

## السير فُرنسيس بُو فورْت

وُلِدَ السَّيْرُ فُرنسيس بُو فورْت (١٧٧٤-١٨٥٧) في إِرنلندا، والنَّحْوِ بِالبحرِيةِ المالِكِيَّةِ البريطانيَّةِ، وهو في الثَّانِيَةِ عَشْرَةَ من عُمرِهِ، قَضَى في الخِدمةِ الفِعالِيَّةِ أَكثَرَ من ٢٠ عامًا. اسْتَبْطَ بُو فورْت مِقياسَهُ لِلرِّيحِ بَعْدَ سَنواتٍ عَديدةٍ من مُراقِبَةِ الشُّفَنِ في غُرَضِ البَحْرِ.



٤. رِيحٌ شَفيقَةٌ - سرعةُها ٢٥ كم/سا. الأغصانُ الصَّغيرةُ تتحركُ؛ وقصاصاتُ الوَرَقِ تَطَّايَرُ.

٥. رِيحٌ مُنطَبِةٌ - سرعةُها ٣٥ كم/سا. الأشجارُ الصَّغيرةُ تَأخُذُ بالشَّواجِ.

٦. رِيحٌ قَوِيَّةٌ -

سرعةُها ٤٥ كم/سا.

يَصْغُرُ التَّخَنُّقُ بِالْمِطْلَةِ؛

والأغصانُ الكَبِيرَةُ تتحركُ.

٧. شِدَّةُ الثَّوبِ - سرعةُ الرِّيحِ

٥٦ كم/سا. تتساقطُ الأشجارُ بِكاملِها.

٨. ثَوءٌ - سرعةُ الرِّيحِ ٦٨ كم/سا. شُجُوبَةُ

الشَّيْرِ ضِدَّ الرِّيحِ. تتعشَّفُ الأغصانُ الطَّرِيَّةُ.

٩. ثَوءٌ عَنيفٌ - سرعةُ الرِّيحِ ٨١ كم/سا.

تَتَقَشَّصُ الأغصانُ وتتطايرُ أَغْصَانُها الدَّاخلِ.

١٠. عاصِفَةٌ - سرعةُ الرِّيحِ ٩٤ كم/سا.

تَتَخَرَّرُ المَنازِلُ وتُقلِّعُ الأشجارُ.

١١. عاصِفَةٌ عَنيفةٌ - سرعةُ الرِّيحِ

١١٠ كم/سا. دُمارٌ بالغٌ.

١٢. إعصارٌ - سرعةُ الرِّيحِ أَكثَرُ من ١١٨ كم/سا.

دُمارٌ واسعٌ النِّطاق.

## مِهراجانُ الطَّائِراتِ الوَرَقِيَّةِ

طَلَّ المِصْبِيحُونُ طائِراتٍ وَرَقِيَّةٍ مِندُ ٢٥٠٠ سَنَةٍ أَمَّا اليَوْمِ، فَيُطَيَّرُها النَّاسُ في سائرِ أَنحاءِ العالَمِ لِلتَّسليةِ. وفي اليابانِ، تُزَيَّنُ الطَّائِراتُ الوَرَقِيَّةُ التَّقالِيدِيَّةُ بِشَخَصِيَّاتٍ أو حيواناتٍ أُسطُوريَّةٍ تُزَمَّرُ إلى أَشْيَاءَ مُخْتَلِفةٍ.



## لِزِيدُ مِنَ المَعلوماتِ انْظُرْ

- مِصابِرُ الطاقة ص ١٣٤
- الرِّيحُ ص ٢٥٤
- الأعاصيرُ ص ٢٥٨
- الأعاصيرُ الدَّوامِيَّةُ ص ٢٥٩



# الْبَرْقُ وَالرَّعْدُ

تتكوّن السُّحُبُ الرَّعَادَةُ القَائِمَةُ في الأيامِ الرُّطْبَةُ الحَارَّةَ وَيَبْلُغُ عَرْضُ السَّحَابَةِ مِنْهَا قُرَابَ ٥ كم وَأَرْفَاقُهَا ٨ كم. وكثيراً ما تكونُ العاصفةُ الرعديةُ وَحْدَةً أو «خَلِيَّةً» قائمةً بذاتها، ضِمْنَ مَجْمُوعَةٍ مِنَ العواصفِ التي قد يَبْلُغُ عَرْضُهَا ٣٠ كم، وقد تستمرُّ خَمْسَ سَاعَاتٍ أو أَكْثَرَ. وقد تُصْبِحُ الخَلِيَّةُ الواحدةُ أحياناً «عاصِفةً فائقةً» يَزِيدُ عَرْضُهَا عَلَى ٥٠ كم، وقد تُنتِجُ برّداً كبيراً مَصْحُوباً بِالْبَرْقِ وَالرَّعْدِ. وإذا كانتِ العاصفةُ في السَّمَاءِ فَوْقَكَ، فَسَتَسْمَعُ الرَّعْدَ وَتَرَى الْبَرْقَ فِي آنٍ مَعاً. أمّا إِنْ كَانَتْ بَعِيدَةً فَسَتَرَى الْبَرْقَ أَوَّلًا، لِأَنَّ الضَّوءَ أَسْرَعَ مِنَ الصَّوْتِ بِكَثِيرٍ. وإذا حَسَبْتَ التَّوَانِي الفاصلةَ بَيْنَ رُؤْيَا الْبَرْقِ وَسَمَاعِ الرَّعْدِ فَيُمْكِنُكَ تَقْدِيرُ بُعْدِ العاصفةِ عَنْكَ، بِالْكِلُومِتَرَاتِ، بِقِسْمَةِ ذَلِكَ الْفَارِقِ عَلَى ٣.



الْبَرْقُ

الصَّفْحِي

إذا أُنَارَ وَبَيَضَ الْبَرْقُ السَّمَاءَ، فَهُوَ بَرْقٌ صَفْحِيٌّ  
يَعْدُو دَاخِلَ السَّحَابَةِ الرَّعْدِيَّةِ كَتَفْرِيعِ بَرْقِيٍّ دُونَ  
أَنْ يَهْبِطَ إِلَى الْأَرْضِ.



الشَّحْنَاتُ

الكهربائية

إِنْ تَصَادَمَ

جُسيماتِ

الماءِ والجليدِ

دَاخِلَ سَحَابَةٍ

رَّعَادَةٌ يُولَدُ رُكْنَا مِنَ الْكهربائيةِ السَّائِكَةِ؛ فَتَرَاكُمُ الشَّحْنَاتُ  
الْمُوجِبَةُ فِي أَعْلَى السَّحَابَةِ، وَتَحْتِيزُ الشَّحْنَاتُ السَّالِبَةُ فِي  
أَسْفَلِهَا مُحَاوَلَةَ الْإِفْلَاقِ نَحْوَ الْأَرْضِ. وَعندَمَا يَبْلُغُ فَرَقُ  
الْخُطْمِ بَيْنَ الشَّحْنَاتِ حَدًّا كَافِيًا، يَهْبِطُ التَّفْرِيعُ الْبَرْقِيُّ مِنَ  
أَسْفَلِ السَّحَابَةِ نَحْوَ أَعْلَاهَا أَوْ مِنْ أَسْفَلِهَا نَحْوَ الْأَرْضِ.



## العاصفةُ الرَّعْدِيَّةُ

تتكوّنُ السُّحُبُ الرَّعَادَةُ عندما  
يَتَدَفَّقُ الْهَوَاءُ الرُّطْبُ الدَّاخِلِي  
صُعُودًا فِي أَعَالِي الْجَوِّ  
وَيَزِيدُ بِشِدَّةٍ فَجَاءَةً  
يَتَجَمَّدُ بَعْضُ الْمَاءِ  
دَاخِلَ تِلْكَ  
السُّحُبِ. وَيَقْعَلُ  
تِيَارَاتُ الْهَوَاءِ  
القُوَّةُ تَصَادَمُ  
بَلُورَاتِ الْجَلِيدِ  
وَيُطْفِئُ الْمَاءَ فَيَتَقَدِّدُ  
الْجَلِيدُ جُسيماتٍ دَقِيقَةً  
مُسْحُونَةً تُدْعَى الْكُتْرُونَاتِ،  
وَهَكَذَا يَنْشَأُ تَرَاكُمُ مِنَ  
الشَّحْنَاتِ الْكهربائيةِ. هَذِهِ الشَّحْنَاتُ  
تَطْلُقُ بِصَاعِقَةٍ بَرْقِيَّةٍ تُسَخِّنُ الْهَوَاءَ حَوْلَهَا إِلَى  
دَرَجَةِ حَرَارَةٍ تَفُوقُ التَّصَوُّرَ، تَقَارِبُ ٣٠.٠٠٠ م° - أَيْ خَمْسَ  
مَرَّاتٍ أَحْرَ مِنْ دَرَجَةِ حَرَارَةِ سَطْحِ الشَّمْسِ. هَذِهِ الْحَرَارَةُ الْفَائِقَةُ  
تُسَبِّبُ تَلَدُّدَ الْهَوَاءِ بِسُرْعَةٍ كَبِيرَةٍ - تَزِيدُ عَلَى سُرْعَةِ الصَّوْتِ فِي  
الْهَوَاءِ؛ وَهَذَا يُسَبِّبُ قُضْفَ الرَّعْدِ.

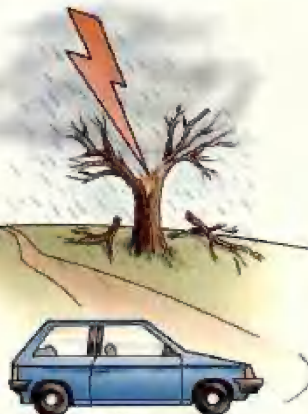


## الْبَرْقُ الْمُتَشَعِّبُ

يَبْدَأُ الْبَرْقُ الْمُتَشَعِّبُ عندما تَتَجَرَّعُ  
«صَاعِقَةٌ طَبِيعِيَّةٌ» نَحْوَ الْأَرْضِ بِسُرْعَةٍ  
١٠٠ كم/سَا مُتَخِلِّةً أَسْفَلَ الْمَسَارَاتِ  
فَتُحْدِثُ مَسَارًا مِنَ الْهَوَاءِ الْمُتَشَعِّبِ كَهَرَبَائِيًّا  
لِصَاعِقَةٍ رَاجِعَةٍ، أَوْ رَاسِيَّةٍ، تَتَطَلَّقُ مُرْتَدَّةً فِي  
التَّوَرُّ وَهَذِهِ الصَاعِقَةُ الْمُرْتَدَّةُ هِيَ الَّتِي نَشَاهِدُهَا.

## الْأَمِكَةُ الْأَمِينَةُ

إِذَا فَاجَأَتْكَ عاصِفةٌ رعديةٌ خَارِجَ الْبَيْتِ، فَتَجَنَّبِ اللَّجَرَةَ تَحْتَ شَجَرَةٍ بَاقِيَةٍ  
مَغْرُورَةٍ. فَالتَّصَرُّعُ التَّزْفِيُّ يَتَوَلَّى دَوْمًا أَسْرَعَ الْمَسَارَاتِ إِلَى الْأَرْضِ،  
وَقَدْ تَقَصَّرَتِ الشَّجَرَةُ. إِنْ دَاخِلَ السَّيَّارَةِ هُوَ أَخَذَ أَكْثَرَ الْأَمَانِ أَمَّا مَنْ  
الصَّوَابِقِ. فَإِذَا خَرِبَتِ الصَّاعِقَةُ سَيَّارَةً، فَإِنَّ هَيْكَلَهَا الْفُولَادِيَّ  
يَتَمَرَّرُ الْكهرباءَ  
عَلَى سَطْحِ السَّيَّارَةِ  
إِلَى الْأَرْضِ.



## إِلَهُ الرَّعْدِ

كَانَ ثُورُ إِلَهِ الرَّعْدِ عند  
الْإِسْكَنْدَانِيَّيْنِ الْقَدَمَاءِ؛ وَيُمَثِّلُ  
هَذَا إِسْمَ الْبَرْقِ وَرُؤْيَا مِنَ الْقُرُونِ  
الْعَاطِرِ فِي أَيْسَلَنْدَا. وَيُزَعَمُ أَنَّهُ  
كَانَ رَجُلًا مَسْحُومًا أَحْمَرَ  
شَعْرَ الرَّأْسِ وَاللَّحْيَةِ ذَا قُوَّةٍ  
وَقُدْرَةٍ هَائِلَتَيْنِ. فَكَانَتْ  
سِهَامُهُ الْبَارِقَةُ تُسْقِطُ  
الصَّوَابِقَ مِنَ السُّحُبِ  
حَسَبَ أَعْتِقَادِهِمْ.



لِزَيْدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ أَتُخْطِرُ
الكهربائيةُ السَّائِكَةُ ص ١٤٦
الكهرباءُ التَّيَّارِيَّةُ ص ١٤٨
الصَّوْتُ ص ١٧٨
الضَّوءُ ص ١٩٠
الْبَرْقُ ص ٢٦٧
الشَّمْسُ ص ٢٨٤



# الأعاصير

الأعاصير (وتُسمى أحياناً العواصف الدوامية المدارية) تستطيع اقتلاع الأشجار وتدمير المباني وإتلاف المحاصيل. والأمطار الغزيرة التي ترافقها تحدث فيضانات؛ وقد تعمّر المناطق الساحلية بالأمواج الضخمة المتدفقة بريح عاتية تقارب سرعتها ٣٠٠ كم/سا. تأخذ الأعاصير بالتكوّن عندما تثير حرارة الشمس الهواء الرطب صعوداً فوق المحيطات حيث تتجاوز درجة الحرارة ٢٧°س. في البداية قد يبلغ قطر دائرة المنخفض الجوي في مركز (أو عين) العاصفة ٣٠٠ كم، ولا تتجاوز شدة الريح مستوى الثور. لكن مع تضيق قطر عين العاصفة إلى حوالي ٥٠ كم، تأخذ الريح بالتدويم حول العين بريح إعصاري.



## الإعصار أندرو

اقتسم الإعصار أندرو ولاية فلوريدا بالولايات المتحدة عام ١٩٩٢. وألحق الناس بقدوم الإعصار فجلاً الكثير منهم عن المنطقة. وكانت حصيلة الإعصار مقتل ١٥ شخصاً وبقاء ٥٠ ألفاً دون مأوى.

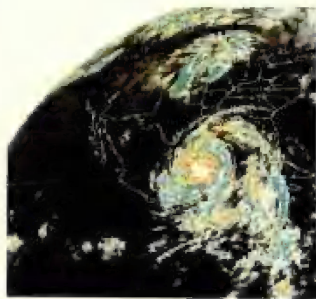
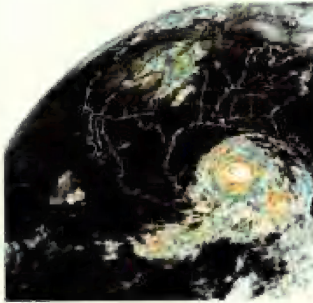
تدوم الهواء شتراً (بعثش أتجاه عقارب الساعة) في أعاصير نصف الكرة الشمالي، وبتأ (باتجاه عقارب الساعة) في نصف الكرة الجنوبي.

يُحاول العلماء تكوين عين ثالثة في الإعصار عن طريق دُرْ بلورات الملح أو الجليد أو يوديد الفضة. فبالتصاق هذه العين بعين الإعصار الأولى، لتكوين عين كبيرة واحدة، يمكن خفض سرعة الريح.

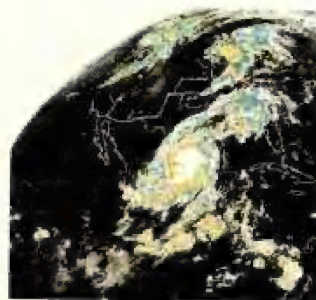
دائرة ضخمة من السحب تتكوّن بانتشار الهواء من قبة العاصفة.

عين الإعصار

١. في بدء الإعصار، يُشغط الهواء نحو مركز المنخفض الجوي (حيث الضغط الخفيض) شتيراً رباحاً سطحية عاتية.



٢. إذا كانت عين الإعصار واسعة جداً، تتكوّن الرياح المحيطية ضعيفة. لكن مع تضيق عين الإعصار تزداد سرعة الريح وتُعظّم.



٣. مع تقلّم الإعصار، تشتت سرعة الهواء في تدويم ضيقاً في مسار لولبي هائل.

## ماذا يحدث في الإعصار؟

عين الإعصار، في مركزه، منطقة هادئة تنشأ حولها صعوداً عموداً ضخماً من الهواء الرطب الحار. وفي مساره اللولبي إلى أعلى يبرد هذا الهواء وتتكتف رطوبته أمطاراً. ومع أن أعزّز الأمطار وأغنى الرياح تحدث بشتاذة عين الإعصار، فإن آثاراً أخفّ جدّة يمكن ملاحظتها على بُعد ٤٠٠ كم منها.

## عاصفة أو إعصار؟

يترسّد علماء الأرصاد الجوية الأعاصير المُحصّلة، فتستخدم التوائل لالتقاط صور المُستشآت منها. وتساعد صور التوائل هذه علماء الأرصاد في كشف المواقع التي يُختل فيها تحوّل العاصفة إلى إعصار والتنبؤ عن مساره المُرجح.

## كليمنت راج

الأسترالي كليمنت راج (١٨٥٢-١٩٣٢) هو

صاحب فكرة تسمية الأعاصير بأسماء نسوية؛ ويُقال إنه كان يختار لها أسماء نساء بكرهن! ومنذ عام ١٩٧٠،

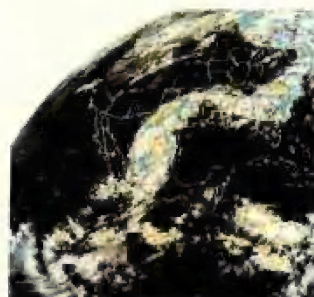
تقرر وضع لائحة أبجدية، نسوية، تحيل أسماء نسوية ورجالية متساوية؛ وكلما اكتشفت إعصاراً جديداً، يُعطى الاسم التالي على اللائحة.



## لمزيد من المعلومات انظر

ضغط الهواء من ٢٥٠
الرطوبة من ٢٥٢
قوة الرياح من ٢٥٦
تكوّن السحب من ٢٦٢
المنظر من ٢٦٤
التنبؤ بالأحوال الجوية من ٢٧٠

٤. في أوج قوّة الإعصار، تدوم الرياح بسرعة تفوق ١١٨ كم/سا، ولا تتفّج جدّة إلا بعد مرورها فوق اليابسة أو فوق مياه أبرد - أقل من ٢٧°س.





# الأعاصير الدوامية

رياح الإعصار الدوامي (الطُرناد) هي أشد الرياح سرعة على سطح الأرض، فقد تبلغ سرعتها في عمود الهواء القمعي المَدُوم ٥٠٠ كم/سا - وهي أعلى بكثير من سرعة الرياح داخل الإعصار المداري. ولا يستطيع العلماء قياس السرعة القصوى في الطُرناد لأن آلات الرصد تتحطم في رياحه الرعازع. الطُرنادات زوايح صغيرة فائقة القدرة تنشأ فجأة، في مجموعات غالباً، وهي أكثر شيوعاً وعنفاً في الولايات المتحدة الأمريكية حيث يتورّب منها أكثر من ٥٠٠ سنوياً. ويتراوح قطر الطُرناد بين بضعة أمتار ومئة متر، وقد يبلغ مداه ٢٠٠ كم. وهو في مساره يسقط كل شيء، بما فيه الأشجار والمباني والقطارات، ثم يسقطها حين وحيث تخور قواه.



يحدث فساد خلوي في القارورة القلوية

## طُرناد في قارورة

إتبان طريقة حصول الإعصار الدوامي (الطُرناد)، خذ قارورتين ذواتي سدائين لوليين وغر السدائين معاً، أنقب نغماً صغيراً في كلا السدائين بمسار مناسب - إملاً إحدى القارورتين حتى ثلاثة أرباعها ماء، وثبت السداد الشقوق. ثم ثبت القارورة الفارغة في السداد فوق القارورة المليئة. إقلب القارورتين رأساً على عقب ودوم الماء قليلاً ليبدأ أطلاؤه. راقب المسار الحلزوني، في الوسط، الشبيه بالطُرناد.

## تكوّن الإعصار الدوامي

يتكوّن الإعصار الدوامي (الطُرناد) حينما يستمر عمود طربلي قمعي الشكل من الهواء الساخن بسرعة صعوداً، من الأرض إلى سحابة رعدية في الغالب. وقد يحدث الطُرناد أيضاً عندما تسخن الأرض بشدة وتبدأ كتلة فقاعة من الهواء بالارتفاع. في أمريكا الشمالية، تتكوّن الأعاصير الدوامية عندما يساهب الهواء الجاف البارد من جبال الروكي شرقاً فوق هواء رطب ساخن، منطلق شمالاً، من خليج المكسيك. فإذا برمت رياح قوية تيار الهواء الصاعد وبدأت تدور، فقد يتحوّل هذا إلى طُرناد.

يمتدّ هفق الهواء المَدُوم إلى الأرض ككتلة كهربائية ضخمة.

الضغط في مركز الطُرناد أخفض من الضغط الجوي العادي بمئات المي بار. لذا تتفجّر المباني بأندفاع الهواء من داخلها نحو منطقة الضغط الخفيض.



## مقياس تورو

تتكوّن الأعاصير الطُرنادية فجأة، فيستحيل التنبؤ بزماها ومكانها. لذا فإن الإنذارات بها تُعَمَّم عندما تكون الأحوال الجوية مُهتأة ليحدوثها، وتُتابع تلك الإنذارات بتحذيرات مُجددة أحدث كلما تحدّثت مواقع واتجاهات تلك الأعاصير. يُصنّف مقياس تورو، لشدّة الأعاصير، سرعة الإعصار الدوامي وقدرته التدميرية على مقياس مُدرّج من ٠ (صفر) إلى ١٢ درجة. فمثلاً على درجة تورو ١١ الطُرناد خفيف، يقتلع الأشجار الصغيرة ويتزعزع أغطية السدائن؛ بينما على درجة تورو ١٢، الطُرناد أعظمي يُحدث دماراً شديداً حتى في المباني الخرسانية المُسلّحة بالفلوإد.



## وحوش (أو هولات) البحر

الطُرناد المُتكوّن فوق البحر يُدعى طُرناداً مائياً، وحين يلامس الطُرناد سطح المحيط يتفكّ الماء صعوداً داخل الرياح المَدُومة. يبدو الطُرناد المائي كأنه مُثبّت من البحر كتعبان هائل ذي لون رمادي قاتم. وتُغلّ أمثال هذا المشهد هي أساس الأساطير حول الهولات والوحوش البحرية.



## مطر الغرائب

عندما يفقد الطُرناد طاقته ويخور، تساقط منه الأشياء التي كان ساقطها، أو التقطها، مقراً غريباً - كأنّ يُطرر صقاع مثلاً. فالطُرناد أثناء مروره فوق البحر، يسقط المياه وما تحويه من أسماك صغيرة وصقاع، وقد يحملها مسافات طويلة قبل أن يسقطها.

## لمزيد من المعلومات انظر

- ضغط الهواء ص ٢٥٠
- قوة الرياح ص ٢٥٦
- الأعاصير ص ٢٥٨
- الشُّحب ص ٢٦٠
- المطر ص ٢٦٤



# السُّحُب

## السَّمَاق

تتشكّل السُّحُب السَّمَاقِيَّة في أعالي الجو - في الأعالي القارسة الباردة حيث يتجمّد ماؤها إلى بلورات جليدية. وتُكوّن السُّحُب السَّمَاقِيَّة أحياناً طبقة كاملة من الغيوم البيضاء.

السُّحُب مسؤولة عن الكثير من مظاهر الطقس، وهي لذلك تُعطينا بعض أفضل الدلائل عن الأحوال الجوية التي قد نعرّض خلالها الساعات أو الأيام القليلة المقبلة. فإذا ما طالعناك السماء بغيوم قاتمة مُلبّدة مُنيرة، عرّفت أن احتمالات المطر الغزير مُرجحة. أمّا السُّحُب المُستفِضة البيضاء فتظهر في الأيام المُشمِسة الدافئة وتُنبئُ باستمرار الطقس دافئاً وجافاً. هنالك ثلاثة أنواع رئيسية من السُّحُب هي: الرُّكامي (ذو الأكدايس المُدوّرة على قاعدة مُسطّحة)؛ والطَّبقي (المُستشّر طبقات ومادّية خفيفة)؛ والسَّمَاق (المُشِير الرقيق المُرتفع). وتُعتبر جميع أنواع السُّحُب الأخرى المُتباينة الأشكال والظلال مزيجات أو أشكالاً مُختلفة من هذه الأنواع الثلاثة.

## الطقس في أجواء السَّمَاق

غالباً ما تكون السُّحُب السَّمَاقِيَّة أولى الدلائل على تآهي الطقس الجيد، فتبدو الشمس، كما القمر، من خلال السُّحُب الرقيقة الشريفة كأن هالة تحيط بهما؛ وهي دلالة قويّة على قرب تساقط المطر.



## الرُّكامي

السُّحُب الرُّكاميَّة غيوم مُستفِضة بيضاء مُسطّحة القاعدة تبدو إلى حدّ تقطع القطر هائلة في الجو. وبسبب شكلها تُسمّى أحياناً السُّحُب القُنبُطية. تتكوّن السُّحُب الرُّكاميَّة بفعل هبات الهواء الدافئة المُندفِعة صُعداً والمعروفة بالتأثيرات الحرارية الصاعدة.

## الطقس في أجواء الرُّكامي

كثيراً ما تشاهد سُّحُب رُّكاميَّة مُستفِضة صغيرة أيام الصيف الحارّة، وهي تُغطي ليلاً حين يبرّد سطح الأرض، فلا يعود يُسحب الهواء فوقه، ويتوقّف تصاعُد الهواء الدافئ الذي يُكوّنها.



## الطَّبقي

تتشكّل السُّحُب الطَّبقيَّة أحياناً، تتأهي حتى لقد تملأ الفضاء بكامله. وفي المناطق الحبيّة غالباً ما يغطّي سطح الأرض بطبقة من هذه السُّحُب على شكل سدّيم ضبابي رطب.

## الطقس في أجواء الطَّبقي

تملّ السُّحُب الطَّبقيَّة هي أكثر أنواع السُّحُب قُصفاً للشمس إذ إنّها تجلب ظففاً غثاً مُستوراً رذاً بالمطر أو تساقطات الثلج.



## لوك هوازد

في العام ١٨٠٣، استنبط لوك هوازد (١٧٧٢-١٨٦٤)، خُطّة لتصنيف أنواع السُّحُب تبعاً لشكلها وعلوّها عن سطح الأرض. كان هوازد صيدلياً وهاويّاً أرصادياً حادّاً. وقد حاول غيّا إيجاد علاقة بين الطقس وأوجّه القمر. وقد استخدم هوازد أسماءً لاتينية لتمييز أنواع السُّحُب، إذ كانت اللاتينية قُبْد الاستخدام في أنظمة تصنيف الحيوانات والنباتات.







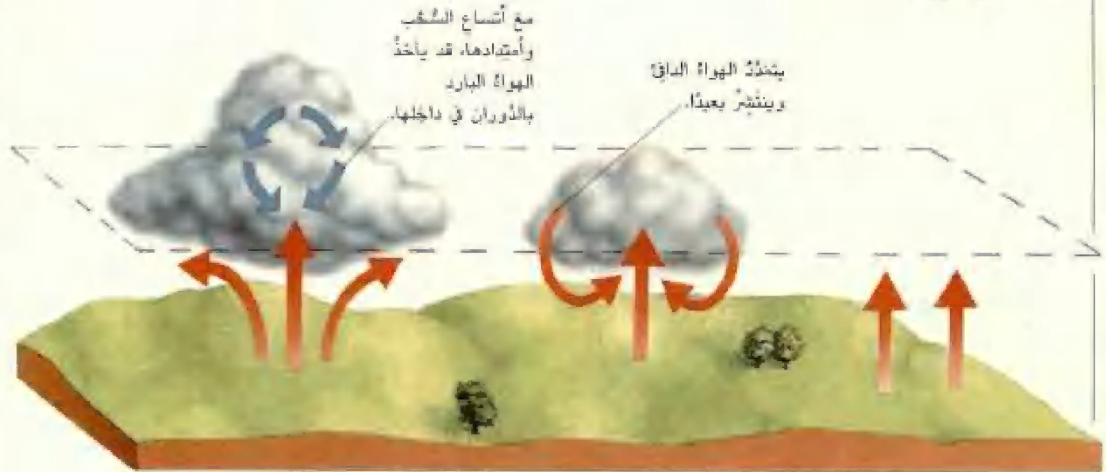
# تكوُّن السُّحُب

يتشرب الهواء الماء من الأنهار والبحيرات والبحار كما الإسفنجة. ويكون هذا الماء في الحالة الغازية أي بخارًا. وبخار الماء هذا هو الذي يتكوَّن السُّحُب، إذ إنَّ السُّحُب تتألَّف أساسًا من قطرات الماء. عندما يرتفع الهواء، الملامس لسطح الأرض، في الجوَّ يبرد، ويتكثف بعض من بخاره قطرات تتجمُّ فتكوَّن السُّحُب. أسباب ارتفاع الهواء في الجوَّ عديدة: فقد يرتفع لسخونته بلامسته سطح الأرض الدافئ، أو لأنَّ جبهة من الهواء البارد اندفعت تحت الهواء الساخن رافعة إيَّاه إلى أعلى، أو قد يرتفع في مساره صاعدًا عبر التلال والجبال.



## سحابة في قارورة

يمكنك تخليق سحابة في قارورة لدائنية كما يلي: إملاء القارورة ماء حارًا (لا تستعمل ماء في درجة الغليان لئلا تنفجر القارورة). أترك القارورة لمدة خمس دقائق ثم أخرج ثلاثة أرباع الماء منها. الآن ضع مكعبين من الجليد (في طبق) فوق فتحة القارورة وراقب التغيُّم الحاصل. تحصل التغيُّم لأنَّ بعض الماء يتحوَّل إلى بخار في الهواء الدافئ. وعندما يمرُّ هذا بالمنطقة الباردة قرب مكعبَي الجليد، يتحوَّل بخار الماء إلى قطرات تتكوَّن السحابة.



مع توالي ساعات النهار يتراكم الهواء الساخن المرتفع، ويتزايد بالتالي تكاثف البخار، فتتسبب السحب أكثر فأكثر.

يرتد الهواء أثناء ارتفاعه ويتكثف شتواه من بخار الماء قطرات تتجمُّ فتكوَّن السحب.

الشمس تسخن سطح الأرض، فينسخن الهواء الملامس له، ويرتفع في الجوَّ.

## السُّحُب والنَّدَى

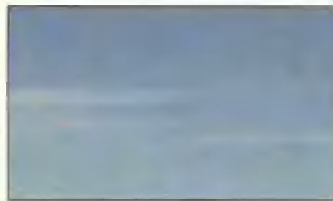
تكوَّن السُّحُب عندما يرتفع بخار الماء في الهواء عاليًا في الجوَّ فيبرد ويتكثف. وتسمى درجة الحرارة التي يبدأ عندها التكاثف نقطة الندى أو نقطة التكاثف - علمًا أنَّ بخار الماء لا يتحوَّل إلى قطرات ما لم تتواجد في الهواء جسيمات صغيرة، كالغبار أو الدخان، يتكثف عليها - فلا تتكوَّن السُّحُب إذا كان الهواء نظيفًا بالغ نقاوة.

## النَّيَّارَات الحرارية الصاعدة

تكوَّن السُّحُب علامة مُفيدة لربابة

الطائرات الشراعية

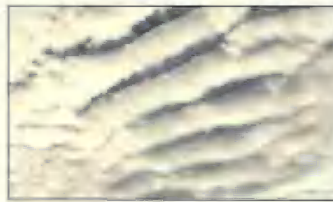
يستفيدون بها إلى مواقع تصاعدي الهواء الدافئ، فيفيد هؤلاء من تيارات حرارية صاعدة يتكسبهم رفقًا، كذلك تستخدم كوايسر الطير النيارات الحرارية الصاعدة لتساعدتها في البقاء مُحلقة في الهواء تُفكَّن عن طعام لها على سطح الأرض.



على الميعام الثماني، يُنقل الخط العمودي، عبر الدائرة، أوكتا ١. وهذا يعني أنَّ الغطاء الغيبي رقيق جدًا.



أوكتا ٤، تعني أنَّ نصف السماء مغطى بالغيوم، وتُنتل بنصف دائرة مُظلل.



أوكتا ٨، هي أعلى درجة على الميعام الثماني، وتعني أنَّ السماء مغطاة تمامًا بالغيوم، وتُنتل بدائرة مُظلة بالكامل.

## قياس التغيُّم

يقيس علماء الأرصاد الجوية كمية الغيوم التي تغطي السماء بوحدة تدعى أوكتا، حيث تُنتل الأوكتا الواحدة تغطي ثمن السماء باليوم. وتُنتل عدَّة الأوكتات على خارطة الطقس بدائرة حُرَية التظليل.

- سما صافية
- أوكتا ١
- أوكتا ٢
- أوكتا ٣
- أوكتا ٤
- أوكتا ٥
- أوكتا ٦
- أوكتا ٧
- أوكتا ٨

## لمزيد من المعلومات انظر

- تغيُّرات الحالة ص ٢٠
- القوى في الموائع ص ١٢٨
- انتقال الحرارة ص ١٤٢
- ضغط الهواء ص ٢٥٠
- السُّحُب ص ٢٦٠
- الصقيع والندى والجليد ص ٢٦٨
- دورات في الغلاف الجوي ص ٣٧٢



# الضباب والسميرة والضخان



خلفش سوء المصاييح الامامية يحول دون اتجاهاها على قطرات الماء في الضباب مباشرة نحو السائق.

## السياسة في الضباب

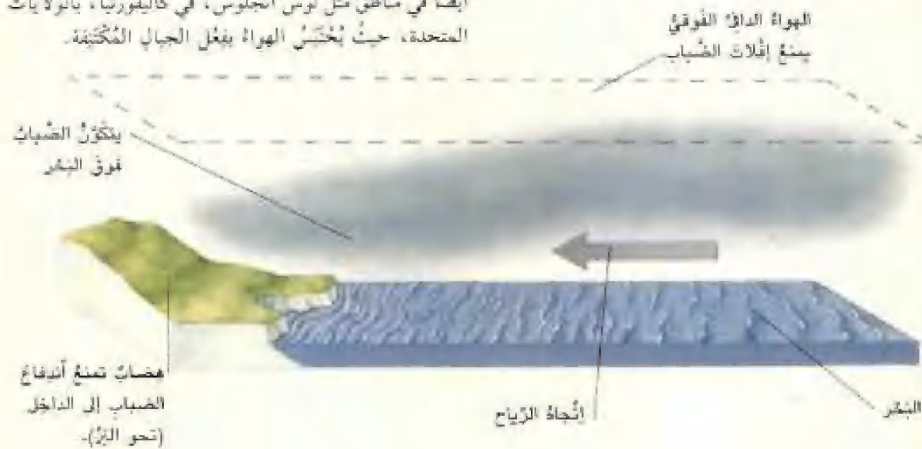
على سائقي السيارات الاحتراز الشديد من الضباب، وعليهم خفض نور مصاييح سياراتهم الامامية نحو الأرض. إن توجيه أنوار هذه المصاييح بكامل شدتها عاليًا يسوازيه الطريق يثبوت الرؤية لأن النور المنعكس على قطرات الماء في الضباب يربط نحو غيبي السائق مباشرة.



## الضخان

الضخان مزيج من الدخان والضباب. ففي المدن الكبرى، يحوي الهواء

قليلاً من الجسيمات الإضافية بفعل الدخان المنطلق من مختلف المصانع والمساكن؛ فتتكدف بخار الماء على تلك الجسيمات مكوناً الضخان. وتزيد الأمر سوءاً ظاهرة الانقلاب - أي ازدياد درجة الحرارة بالارتفاع بدل أن تنخفض - فتتبع طبقة الهواء الدافئ الهواء البارد السطحي. والمثلثات التي يحتملها، من الارتفاع، ويمكن حدوث هذا أيضاً في مناطق مثل لوس أنجلوس، في كاليفورنيا، بالولايات المتحدة، حيث يختبئ الهواء بفعل الجبال المتكثفة.



الهواء الدافئ فوق  
يسبب غلات الضباب

يتكون الضباب  
فوق البحر

مضات تنبع أدفعا  
الضباب إلى الداخل  
(تحو الرز).

أشعة الرياح

السحب التي تتكون قرب سطح الأرض تدعى ضباباً أو سميرة. وهي، كمسواها من السحب، تتكون بتكثف بخار الماء في الهواء المشبع، عندما يلامس الهواء أرضاً باردة. وإذا كان مدى الرؤية عبر السحاب يتراوح بين كيلومتر واحد وكيلومترين يُعرف هذا السحاب بالسميرة؛ أمّا إذا كان المدى دون الكيلومتر الواحد فيسمى السحاب ضباباً. والضباب الكثيف هو أكثر السحب خطورة على جميع وسائل النقل - من سيارات وسفن وطائرات.



## ضباب جبال الجليد

تغطي جبال الجليد غالباً بالضباب لأن الهواء حولها بارد والماء، حيث هي طافية، أدفا. وهكذا يتكثف الماء المنجم في الهواء البارد حول جبل الجليد مكوناً ضباباً. في العام ١٩١٢، اصطدمت طائرة التيتيك بتجل جليدي فانشطرت وهلك الكيرون، لأن بخارها دُفعا لم يروا جبل الجليدي المحاط بضباب كثيف.



## الضخان الأصفر الكثيف

حدث مرة أن غطى الضخان الأصفر الكثيف مدينة لندن، بإنكلترا، كما يبدو في الصورة أعلاه المتقطعة عام ١٩٥٢. ويُعزى ذلك أساساً إلى قُرط الدخان المتصاعد من حرق الفحم الحجري في المصانع والمنازل، ولم يكن ذلك الضخان ممّا يُستهان به، فقد تَسَرَّب إلى داخل المباني مُسبباً للكثيرين مشاكل في الحلق والعينين والتنفس؛ كما لاقى العديد من الناس حتفهم بسببه. والجدير بالذكر أن إیرام قوانين الهواء النظيف في الخمسينيات من هذا القرن جعلت مشاكل الضخان الكثيف الأصفر شيئاً من الماضي.

## ضباب تألقي

يتكون الضباب والسميرة غالباً فوق الأنهار والبحار. فيتمخّر الماء من النهر أو البحر؛ وفي صباح باكر بارو، يتكثف إلى سميرة فوق المياه. وعندما يهب هواء دافئ فوق البحر البارد ينتج نوع من الضباب يُعرف بالانصاف التألقي. وهو في الواقع طبقة من الضباب تتكون فوق الماء مباشرة مُفحمة بين مياه البحر والهواء الدافئ فوقها. ولا يتدفق الضباب التألقي نحو البر إلا إذا كانت الأرض من حوله خفيفة.

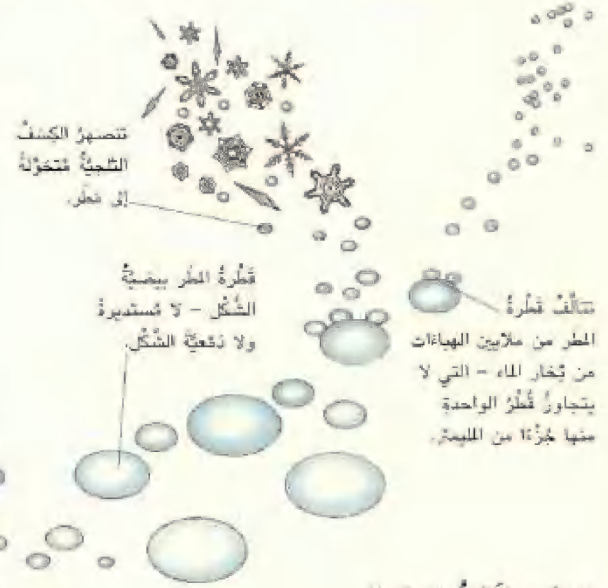
## لمزيد من المعلومات انظر

- تغيّرات الحالة ص ٢٠
- انتقال الحرارة ص ١٤٢
- الانعكاس ص ١٩٤
- تكون السحب ص ٢٦٢
- دورات في الغلاف الجوّي ص ٣٧٢



# المطر

تعتمد الحياة في البر على المطر، فهو يُغذي الأنهار ويملأ البحيرات، ويجعل البزور تنبش وتنبو، ويوفر لنا مياه الشرب. ففي بعض المناطق تجعل الزروع إذا أنحسرت الأمطار موسمًا واحدًا فقط ويموت آلاف الناس جوعًا. كذلك فإن الأمطار المفردة الغزيرة مشكلة، فالفيضانات قد تدمر المنازل والمزارع وتقضي على الكثير من الأحياء البرية. والمعروف أن المطر لا يهطل من سماء زرقاء صافية، فهو لا يتكون إلا في السحب، وفي المُنزني الركامي أو الطبقي منها عادةً. والماء الذي يهطل من السحب بمختلف أشكاله يُدعى تساقطًا وتحذد درجة حرارة الهواء، داخل تلك السحب وخارجها نوعية هذا التساقط مطرًا أو ثلجًا أو شفقًا أو بردًا.



## كيف يتكون المطر؟

خارج المناطق المدارية، يبدأ معظم المطر تليجًا حتى في فصل الصيف. ففي السحب العالية تكون درجة الحرارة دون درجة التجمد، فتتكون البلورات الجليدية وتنتهي إلى كسب للجليد تنسقط من السحاب فإذا كانت درجة حرارة الهواء الأقرب إلى سطح الأرض فوق درجة التجمد، تتصهر تلك الكسوف الثلجية أثناء سقوطها وتهطل مطرًا. أما في المناطق المدارية، حيث الغيوم دائمة، فيتكون المطر عندما تصادم قطرات الماء المجهرية وتتكتل معًا، فتتغلغل فوق إمكانية قطرها في الجو وتساقت مطرًا. وفي السحب الرقيقة تحدث التصادم بين قطرات أقل فتكون قطرات المطر المتساقطة أصغر كثيرًا وتعرف بالبرذاذ.

## الفيضان

إذا كان تهطل المطر غزيرًا ومتواصلًا، وتغلغل تصريف المياه بسرعة فقد تحدث الفيضانات. الرياح الموسمية في الهند تحمل معها أشدّ دُبل المطر في العالم، فتغمر الفيضانات مناطق شائعة منها سنويًا - عادةً في شهر أيلول (سبتمبر).

تطفو الأنهار فوق ضفافها، وتغمر مياه الفيضان المناطق المسطحة المحيطة إلى عمق عدة أمتار.



## بيان المصطلحات في خريطة مُعدّل المطر السنوي



## معدلات المطر السنوية في العالم

تحصل مناطق العالم المختلفة على كميات مختلفة من المطر وذلك لأسباب عديدة. ففي المناطق المدارية مثلاً، تساقط الأمطار بغزارة لأن كميات كبيرة من مياه البحار الدافئة تتبخر وتتحول إلى غيوم. وتحصل المناطق الساحلية القريبة من البحر، عادةً على كميات من المطر أكثر من المناطق الداخلية البعيدة عن البحر. وقد لغرض سلامة الجبال الرياح المنحرفة بالغيوم المطيرة فتسقطها في جانب، وتبقى السخوف في الجانب الآخر جافةً، أما في الصحاري الجافة فإن كُتل الهواء تسخن وتحت عند اقترابها من سطح الأرض.

## رقم قياسي لمعدل المطر

على قمة جبل واي إيلاني، في جزيرة هاواي، بهواوي، يهطل المطر حوالي ٣٥٠ يومًا في السنة، فيبلغ معدله السنوي ١٥٠٠٠ ملم. وتغري شدة التهطل هذه إلى ارتفاع الرياح التجارية الجنوبية الشرقية الرطبة جلالاً نحوها الجبل.

## قياس كمية المطر

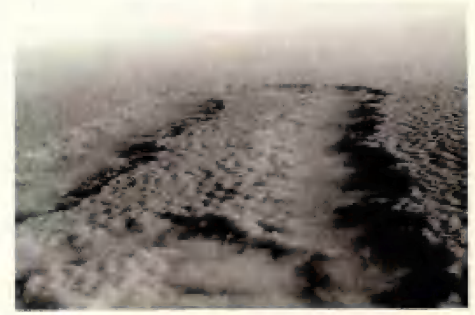


تُقاس كمية المطر بالمليمتر، أو بالإنش، بواسطة قياس المطر. ويتألف هذا من قمع يتلقى مياه المطر ويضبطها في أسطوانة تحته. ثم يُقاس ارتفاع الماء المتجمع في الأسطوانة، وبه تحدد كمية المطر المتساقط.



## الجفاف

إن جفاف المطر، بحيث يقل التساقط عن ٢٠ ملم في فترة تتجاوز الأسبوعين يؤدي إلى الجفاف. وفي غياب مستودعات التخزين تعود كمية المياه غير كافية للناس وللزروع. في بعض المناطق يستمر الجفاف الحاد سنوات عديدة، ويروى أن منطقة كالاميا في صحراء أتاكاما، بالشمالي، لم تشهد أمطاراً على مدى ٤٠٠ سنة، حتى العام ١٩٧٢. فترات الجفاف غير مألوفة في المناطق المعتدلة كأوروبا وأمريكا الشمالية لكنها عادة منتظمة الحدوث في أستراليا وبعض أجزاء إفريقيا وأمريكا الوسطى وآسيا.



## المطر الاصطناعي والاستمطار

يجري استمطار السحب أحياناً بذر بلورات الجليد الجاف أو يوريد القضة عليها من الطائرات. هذه الكيماويات توفّر نويات تتشكّل حولها الكسوف الثلجية. وهذه تتحوّل إلى مطر أثناء سقوطها إلى الأرض. في الصورة أعلاه، تُشاهد بوضوح آثار رَش الكيماويات على السحب.

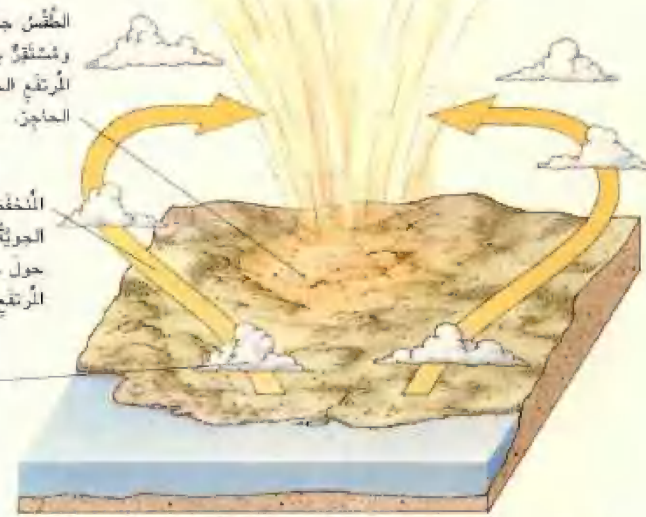
## السهول المتصحرة

خلال الثلاثينات من هذا القرن تعرضت أمريكا الشمالية فترة طويلة لرياح غربية سائدة، فأنجس المطر عن السهول الكبرى بوقوعها في «ظل» جبال الروكيز. وزاد الوضع سوءاً أن المزارعين كانوا قد خزلوا الشجيرات العشبية الطبيعية فجعلت التربة السطحية وأغرقت، وتحوّلت السهول العظمى إلى منطقة جافة تكتسحها العواصف العابرة، وبما أضطر المزارعين إلى الترحيل عن أراضيهم.

الطقس جاف  
ومشتت  
المرتفع الجوي  
الحاجز.

المنخفضات  
الجوية تدور  
حول وخارج  
المرتفع الجوي

الطقس غير مشرق بعيداً  
عن المرتفع الجوي.



## البقاء في ظروف الجفاف

التبث ضروري في هذه المنطقة الجافة عادة من أستراليا - حيث يكون إساقطاً قليل التواتر على مدى بضعة أيام. والمعروف أن معظم النباتات لا تستطيع البقاء على قيد الحياة في العشجاري لأنها شديدة الجفاف، لكن بعض البزور تظل قسوة في التربة عدة سنوات. وهي حالها بهطل المطر، سرعان ما تشتت حبيبتها فتزهر وتنتج بزوراً جديدة على عجلي - قبل أن يجف سطح الأرض ثانية.

## حرائق الأدغال

تحدث حرائق الأدغال كثيراً في المناطق الجافة الحارة، فتتحرق الأشجار والنباتات المعملة أمام نبت جديد لينمو ويتكاثر - علماً أن الحرارة ضرورية لإنبات بعض البزور. فحفظ أنواع نبات الأدغال بتقريب حيضاً يمنع الناس حدوث الحرائق فيها. وهناك اتجاه إلى ترك حرائق الأدغال تأخذ مجراها شرط ألا تهلّك حياة المواطنين.



لا يصلح الماء إلى قمة  
الشجرة - فتتساقط  
الأغصان العليا وتشتت.

الماء المتوافر كافٍ لبقاء  
الأغصان السفلى فقط حياً.

## النباتات العظمى

تحتاج معظم النباتات إلى مدد مستمر من الماء لبقائها حياً. فخلال فترة الجفاف تموت نباتات كثيرة حتى السقي منها. ومن الأعراض البينة على أن الأشجار لا تحصل على كفايتها من ماء المطر تواتر أغصانها العليا وأسوارها.

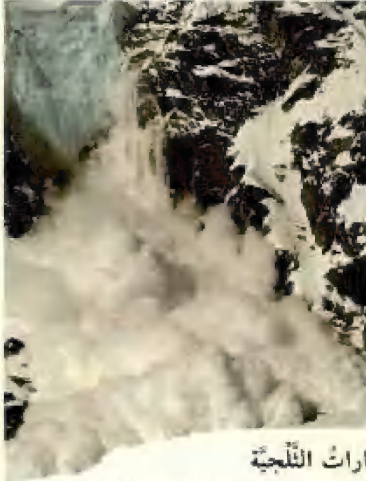


## لمزيد من المعلومات انظر

- السحب ص ٢٦٠
- الثلج ص ٢٦٦
- البرد ص ٢٦٧
- دورات في الغلاف الحيوي ص ٣٧٢
- الصحاري ص ٣٩٠
- حقائق وتعليمات ص ٤١٦



# الثلج



## الهبات الثلجية

يمكن حدوث الهبات الثلجية إذا زادت أعداد السحب الجليدية على ٢٢. فتراكم الثلج أكوامًا حتى تبدأ كمية صغيرة منه بالانزلاق فتتجمع حولها كتل ثلجية يتعاقلم حجمها أكثر فأكثر غير السحابة. وقد ينجم انطلاق الهبات الثلجية نتيجة لتساقط الثلوج بكثافة على الجليد، أو لارتفاع درجة الحرارة أو لحركة متريخ أو حتى لاعتزاز أحدثه ضجيج مرتفع.



سطح القلايس الجليدية الأبيض الصقيل يعكس حرارة الشمس غلبتها باردة حتى خلال الصيف.

## الثلج الدائم

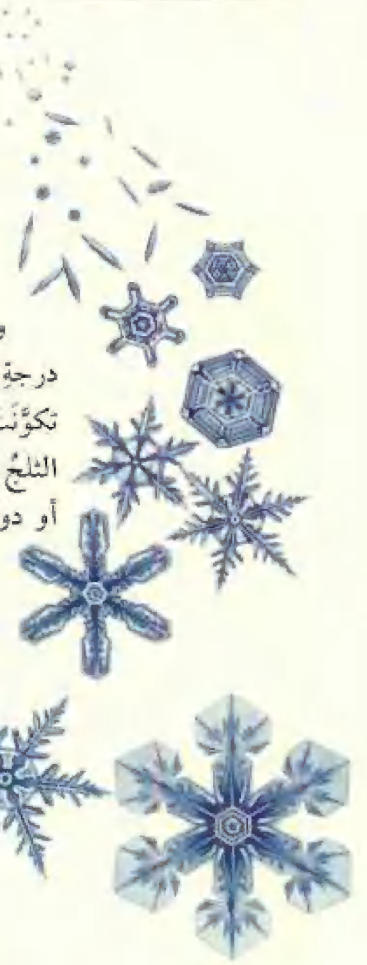
تتألف المتاليج والقلايس الجليدية من ثلج لم يسبق أنصهره، بل أنكثت جميع البلورات والكثف الثلجية فيه تحت وزن الثلج المترايد المتساقط فوقها. وتتكون القلايس الجليدية والمتاليج على قمم الجبال وعلى مقربة من القطبين.



## وكم الثلوج

عندما يتكثف الثلج أكوامًا، قد يُحضر الناس في أماكن تواجدهم - في السيارات أو داخل المنازل. وإذا طوى الناس، أو الحيوانات، في الثلج فيمكنهم البقاء على قيد الحياة فترة طويلة، لأن الثلج الساقط حديثًا يحوي هواءً، في الفجوات بين البلورات الجليدية. يمكن تشبيه

لا توجد كسفتان ثلجيتان متماثلتين تمامًا؛ وتتألف الواحدة من بلورات جليدية متماسكة من بخار الماء المتجمد. وتقسّم أشكال البلورات الجليدية إلى حوالي ٨٠ صنفًا، منها الإبري والموشوري واللوحى والسُداسي والعمودي الشكل. يعتمد شكل البلورة على درجة الحرارة والارتفاع والمحتوى المائي في السحابة التي تكونت فيها. أما الثلج فقد يكون «رطبًا» أو «جافًا». ويتألف الثلج الرطب من كسف ثلجية كبيرة؛ ويتكون في درجة التجمد أو دونها قليلًا. وهو مثالي للهو بكرات الثلج، لكنه عسير الإزالة. أما الثلج الجاف فمسهوق القوام وتسهل إزالته. وهو يتكون في درجة حرارة دون درجة التجمد بكثير. والشفاف، في الغالب، ثلج نصف منصهر، أو مطر نصف متجمد يتكون عندما تتبخّر قطرات المطر وتبرد أثناء سقوطها.



جميع الكسف الثلجية سداسية النمط البلوري.

## كيف يتكون الثلج

تتكون البلورات الجليدية في سحب تتراوح درجات حرارتها بين -٢٠° - ٤٠°س. وتتشأ الكسف الثلجية بامتلاك البلورات الجليدية معًا وهي تتساقط رطبة ثم تتجمد مجددًا. وهي تغد سقوطها من سحابة، لا تصل إلى سطح الأرض ثلجًا إلا إذا كانت درجة حرارة الهواء على، أو دون، درجة التجمد على طول مسارها. أما إذا كانت درجة الحرارة فوق درجة التجمد، فقد تتبخّر البلورات تمامًا أو تنصهر وتسقط شفافًا أو مطرًا. أحيانًا، يشاهد السكان في أعلى ناطحة سحاب أنها ثلج، بينما يهزم المطر على المارة في الشارع دونهم.

## الثلج القرنفلي

الثلج ليس أبيض دائمًا - فقد يكون قرنفليًا أو أسمرًا أو مُحمرًا. الثلج القرنفلي، المبيّن في الصورة، موجود في غرينلند، ويعود لونه إلى لون الطحالب التي تعيش فيه. وهذا الخصب الذي يُلَوّن الطحالب يقيها أيضًا في ظروف البرد القارس.



## لمزيد من المعلومات انظر

- انتقال الحرارة ص ١٤٢
- الجليد والثلج ص ٢٢٨
- درجات الحرارة ص ٢٥١
- السحب ص ٢٦٠
- مناطق القطبين والشمس ص ٣٨٢



## البرد

طبقة جديدة من الجليد  
تتجعد حول خلية البرد

البرد قطرات من المطر المتجمد تتكون داخل سحابة  
مؤننية ركامية شاهقة حيث الطبقات السفلى أدفأ بشكل  
ملحوظ من درجة التجمد في الطبقات العليا. هذا  
الفرق في درجة الحرارة داخل السحابة يحدث  
تيارات هوائية قوية تتقاذف قطرات المطر صعوداً إلى  
نطقي التجمد العليا وهبوطاً إلى النطقي الأدفأ. وكئي  
تقل حبة البرد في السحابة وقتاً كافياً لتصبح بحجم حبة  
البسلى ينبغي أن تتقاذفها التيارات صعوداً وهبوطاً بسرعات  
تقارب ٣٠ في الثانية (١٠٨ كم/سا). وخلال حركة  
البرد هذه داخل السحابة ترتطم حباته بعضها ببعض  
مُسببة، أحياناً كثيرة، انفصال شحبات كهربائية تحدث  
البرق داخل السحابة نفسها أو بين السحابة  
والأرض أو بين سحابة وأخرى.

أخيراً تصبح حبة البرد من الثقل بحيث لا  
يحتفلها جو السحابة فتسقط إلى الأرض.

## طبقات الجليد

يُبين المقطع العرضي المقابل  
بوضوح أن حبة البرد تتألف  
من طبقات متراكبة كما  
البصلة. وتُشكل كل طبقة رحلة  
صعود وهبوط قطعها حبة  
البرد داخل السحابة قبل سقوطها.



تيار الهواء الصاعد يحمل حبة  
البرد ثانية إلى أعلى السحابة.

## كيف يتكون البرد؟

يُتََّشَأ البرد داخل السحب الركامية المؤننية الشاهقة التي قد تتنامى إلى ارتفاع  
١٠ كم. فالتيارات الهوائية القوية الصاعدة داخل السحابة تستطيع حمل قطرات  
المطر إلى طبقاتها العليا المتجمدة. وحال هبوط القطرة المتجمدة، تعود التيارات  
الهوائية فتدفعها ثانية إلى أعلى بحيث تتجمد طبقة جديدة من الجليد حولها. وتتكرر  
هذه العملية عدة مرات حتى تصبح حبة البرد ثقيلة فتسقط إلى الأرض.

## أضرار البرد

يسبب البرد بأضرار بالغة، فيلث المحاصيل أو  
يجعلها غير صالحة للتبع، كهذا التفاح في الصورة  
المقابلة. وقد تُحطم حبات البرد الكبيرة زجاج  
النافذ وتُفتر السيارت. وقد تُبذ أسراب الطيور  
الصغيرة إذا باغتها العواصف البردية دون غطاء.

## منع البرد

لقد جرت عدة

محاولات لمنع أضرار البرد  
بأستيطارة، منها، مثلاً بإطلاق  
المدافع على السحب كما تُبين  
هذه الصورة عن مجلّة فرنسية  
صادرة عام ١٩١٠. ومُنذ عهد  
قريب، أُعيدت المحاولة بإطلاق  
بُلُورات يُوَيد الفضة داخل السحب  
فُضد تحويل حبات البرد إلى مطر.  
لكنّ لنا بُيُوت جدوى ذلك عملياً.



## حبات برد قياسية

أحياناً تبلغ حبات البرد حجم البليات (كُلّي  
اللعب) وأحياناً أقل، حجم كرات التيس. أمّا  
الحجوم الضخمة، كتلك التي سقطت في  
بنغلادش عام ١٩٨٦ وبلغ وزن الواحدة منها  
١,٠٢ كغ، فنادرة. في الصورة أعلاه، حبة برد  
ضخمة سقطت في كنساس، بالولايات  
المتحدة، عام ١٩٧٠، وبلغ محيطها ٤٣,٦ سم  
وزنها ٧٦٥ غ.



## لمزيد من المعلومات انظر

- انتقال الحرارة ص ١٤٢
- الكهربائية الساكنة ص ١٤٦
- البرق والرعد ص ٢٥٧
- السحب ص ٢٦٠
- المطر ص ٢٦٤



# الصَّقيعُ والنَّدَى والجَلِيد

بعدَ غروبِ الشَّمْسِ تبدأُ الأرضُ تفقدُ حرارتها بالإشعاع - في حين لا يفقدُ الهواءُ حرارتهُ بالسرعة ذاتها، فتغدو الأرضُ أبردَ من الهواءِ فوقها. ففي الليالي الساكنة الصافية يتكثفُ بخارُ الماءِ في الهواءِ على سطحِ الأرضِ كقطراتٍ ندى. ويبدأُ هذا التكاثفُ على درجة حرارة تُعرَفُ بنقطة الندى. وإذا هبطت درجة حرارة الهواءِ إلى ما دونَ درجة التجمد، يتحوَّلُ بخارُ الماءِ مباشرةً إلى بلوراتٍ جليدية تُغطِّي كُلَّ شيءٍ بالصقيع. أحياناً تغطِّي الأرضُ بطبقةٍ جليدية سُمِّقَتُ تجعلُ الطُّرُقَ زَلِقَةً - ويحدثُ ذلك حين يَسْقُطُ المطرُ عبرَ طبقةٍ هوائيةٍ باردةٍ جداً على أرضٍ درجة حرارتها دونَ درجة الصفر المئوية، فيتجمدُ المطرُ إلى جليدٍ يبدو قاتماً لأنَّ الأرضَ تُرى من خلاله.



## الصَّقيعُ الفُضِّي

يحدث الصقيعُ غالباً في الليالي الباردة حين السماء خاليةً من السُّحب التي تُعيقُ شُع الحرارة من الأرض. والصقيعُ الفُضِّي هو الأكثرُ شُوعاً حيث يغطي سطح الأرض وأوراق الأشجار وأعصانها، وحتى شباك العنكب. بطبقة رقيقة من البلورات الجليدية الدقيقة. ويكون الصقيعُ الفُضِّي أحياناً من البياض والسماكة بحيث يبدو كطبقةٍ من الثلج.



## الماء المتجمد

في الطقس البارد جداً قد تتكوّن طبقة من الجليد فوق الأنهار والبحيرات وقد تبدو سمكة قوية عند أطرافها، لكنها تحوي ثقفاً واحدة حيث يرق الجليد. لذا من الخطر السير على الماء المُغطى بالجليد. الأسماك لا تصيرُها هذا الغطاء الجليدي، بل هو في الواقع يحميها إذ يمنع تجمد المياه تحته.

قلما يكون الجليد على نهر أو بحيرة ذا سماكة كافية للتزلج فوقه.



## بركة ندى

الندى الذي يتكوّن خلال الليل يغطي سطح الأرض في الصباح الباكر، وعند شروق الشمس وأبعثبات الدفء يتبخّر في الهواء. يطلّع بعض المُزارعين بزكا للندى - ليس بسوى حفر واسعة ضحلة في المواقع الخفيفة من حقولهم - يتجمع فيها الندى فتسربه الحيوانات عند طلوع النهار. وقد تواجذ برّك الندى هذه طبيعياً.

## سمك الجليد في القارة القطبية الجنوبية

إن المياه حول القارة القطبية الجنوبية شديدة البرودة بحيث تجمد الدم في عروق الأسماك العادية. أمّا الأسماك التي تعيش في تلك المياه فقد طوّرت طبيعياً بعض الكيماويات في دُمها لمقاومة التجمد - تماماً كما يمنع مُقاوم التجمد تجمد الماء في مُنح السيارّة أثناء يرد الشتاء.



## تجمد البحر

لا تتجمد البحار عادة لأن الماء المالح يتجمد على درجة حرارة دون درجة تجمد الماء العذب، لكنّ طبقة البرودة قد تجمد ماء البحر، بحاضّة على مقربة من السواحل.

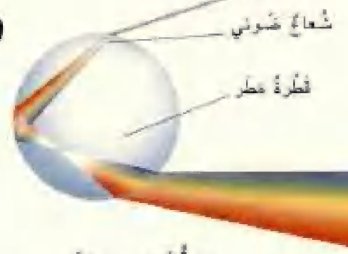
### لزيد من المعلومات أنظر

- تغيّرات الحالة ص ٢٠
- إيقال الحرارة ص ١٤٢
- الجليد والمثلج ص ٢٢٨
- الثلج ص ٢٦٦
- مناطق القطبين والاندرا ص ٣٨٢



# ظواهر وتأثيرات غير عادية

التلُّقُ اللُّوْنِيَّةُ لِقُوسِ قُزَحٍ أَوْ لِمَغِيبِ بَهَيِّ مَالُوفَةٍ لِكُلِّ مِتَا؛ لَكِنَّ أَمَاطَ الطُّقْسِ الْمُتَغَيِّرَةِ قَدْ تُدْهِشُنَا بِخُذَعٍ بَصَرِيَّةٍ أُخْرَى غَيْرِ عَادِيَّةٍ. فَقَدْ تُحْدِثُ أَعْمَدَةً مِنَ الضَّوءِ فِي الْفَضَاءِ، وَهَالَاتٍ حَوْلَ الشَّمْسِ وَالْقَمَرِ، وَتَشَوِّهَاتٍ غَرِيبَةٍ فِي شَكْلِ الشَّمْسِ عِنْدَ الْمَغِيبِ. إِنَّ تَلَالُؤَ النُّجُومِ لَيْلًا لَا عِلَاقَةَ لَهُ بِالنُّجُومِ ذَاتِهَا، بَلْ تَسْبَبُهُ تَأْثِيرَاتُ الْهَوَاءِ فِي الضَّوءِ الْمَارِ عَبْرَهُ. وَأَحْيَانًا يُرِينَا انْكِسَارُ الضَّوءِ فِي الْجَوِّ صُورًا حَقِيقِيَّةً أَوْ سَرَابِيَّةً لِأَجْسَامٍ بَعِيدَةٍ.



## تحلل ضوء الشمس

تعمل قطرة المطر كمنوشور صغير، فينكسر شعاع الضوء النافذ إليها وينعكس بداخلها، ثم ينكسر ثانية وهو يُعاودُها.

ينتج عن ترتيب الألوان في قوس القزح الثاني إن وجد.



## نار القديس إلمو

في الأجواء العاصفة قد يُشاهدُ تَوْجُّعٌ كَرُوفِيٌّ أَحْضَرُ مُزَوَّرٌ كَالْبُرْقِ عَلَى الْأَجْسَامِ الشَّدِيدَةِ الْأَطْرَافِ. وَقَدْ أَطْلُقَ الْبَحَّارَةُ عَلَى هَذِهِ الظَّاهِرَةِ حَوْقَ صَوَارِي الشُّنَنِ اسْمُ نَارِ الْقَدِيسِ إِلْمُو. وَيُشَاهَدُ هَذَا التَّوَجُّعُ الْيَوْمَ أَحْيَانًا عَلَى أَطْرَافِ أَجْنَحَةِ الطَّائِرَاتِ وَمَاتَمَاتِ الصَّوَارِعِ.



## السراب

السَّرَابُ يَقْتَرِنُ ذَعِيًّا بِاتَّصَحَارِي الْحَارَّةِ؛ لَكِنْ يُمْكِنُ مُشَاهَدَتُهُ عَلَى طَرِيقٍ مُعَيَّنَةٍ فِي يَوْمٍ حَارٍّ. الْمَعْرُوفُ أَنَّ الضَّوءَ يَنْكَبِرُ (يَنْحَنِي) أَثْنَاءَ انْتِقَالِهِ مِنَ الْهَوَاءِ الدَّافِئِ إِلَى الْهَوَاءِ الْبَارِدِ. فَعِنْدَمَا يَكُونُ الْهَوَاءُ الْمَلَامِشُ لِسَطْحِ الطَّرِيقِ أَسْخَرَ مِنَ الْهَوَاءِ فَوْقَهُ، تَنْكَبِرُ اشْعَةُ الضَّوءِ ضَعْفًا بِحَيْثُ تَبْدُو كَأَنَّهَا آتِيَةٌ مِنْ غَيْرِ الْمَكَانِ الَّذِي تَطْلُقَتْ مِنْهُ؛ لِذَا يَبْدُو السَّطْحُ كَأَنَّهُ بِرَكَّةٍ مَاءٍ. وَالْوَاقِعُ أَنَّ مَا نَرَاهُ هُوَ صُورَةٌ لِلْفَضَاءِ، لِأَنَّ اشْعَةَ الضَّوءِ مِنَ الْجَوِّ تَبْدُو كَأَنَّهَا آتِيَةٌ مِنْ سَطْحِ الطَّرِيقِ.

الوان قوس قزح من الخارج إلى الداخل هي كما يلي: الأحمر، البرتقالي، الأصفر، الأخضر، الأزرق، النيلي والبنفسجي.

## أقواس قزح

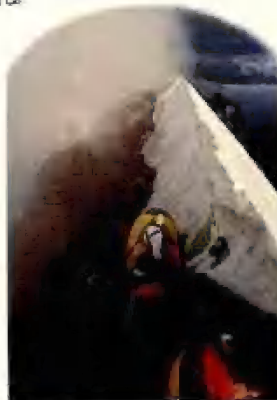
يُمْكِنُكَ مُشَاهَدَةُ قُوسِ الْقُزَحِ فَقَطَّ عِنْدَمَا تَكُونُ الشَّمْسُ خَلْفَكَ وَرَدُّ الْمَطَرِ أَمَامَكَ. فَهَذِهِ الْأَقْوَامُ تَتَكَوَّنُ عِنْدَ نَفَاقِ اشْعَةِ الشَّمْسِ فِي مِلَافِينَ قَطَرَاتِ الْمَطَرِ. تَعْمَلُ الْقَطَرَاتُ الْمُعْلَقَةُ فِي الْهَوَاءِ كَمُنُوشُورَاتٍ صَغِيرَةٍ تُحَلِّلُ ضَوْءَ الشَّمْسِ الْمَارِ خِلَالِهَا، كَمَا هُوَ مُوضَّحٌ أَعْلَاهُ. إِلَى أَلْوَانِ الطَّيِّبِ السَّبْعَةِ الَّتِي تُؤَلَّفُ قُوسُ الْقُزَحِ - وَقُوسُ الْقُزَحِ هُوَ فِي الْوَاقِعِ جُزْءٌ مِنْ دَائِرَةٍ كَامِلَةٍ تُحِجِبُ الْأَرْضُ مُعْظَمَهَا، لَكِنْ مِنْ ارْتِفَاعِ شَاهِدِيٍّ مِنْ طَائِرَةٍ مَثَلًا، وَمَعَ شَيْءٍ مِنَ الْخَطِّ، قَدْ تُشَاجِدُ الدَّائِرَةَ اللَّوْنِيَّةَ كَامِلَةً.

## هالنا القمر

تَتَكَوَّنُ هَالَتَانِ حَوْلَ الْقَمَرِ أَحْيَانًا عِنْدَمَا يَنْفُذُ ضَوْءُ الْقَمَرِ غَيْرَ بِلُورَاتٍ جَلِيدَةٍ عَالِيَةٍ فِي الْفَضَاءِ. فِيرْتَدُّ الضَّوءُ الْمُنْعَكِسُ عَلَى الْبُلُورَاتِ بِرَافِئِي ٢٢ أَوْ ٤٦ مُؤَلَّفًا هَالَتَيْنِ مُتَفَصِّلَتَيْنِ. وَتَكُونُ الْهَالَتَانِ عَادَةً غَيْرَ مُتَكَيِّلَتَيْنِ، وَعَالِيًا مَا تُشَاهَدُ الْعُضْرَى مِنْهُمَا فَقَطَّ. هَذَا وَيُمْكِنُ مُشَاهَدَةُ هَالَاتٍ حَوْلَ الشَّمْسِ أَيْضًا.

## شبح بروكين

يُمْكِنُ مُشَاهَدَةُ ظَاهِرَةٍ فَرِيدَةٍ عِنْدَمَا تَكُونُ الشَّمْسُ خَفِيفَةً فِي السَّمَاءِ بِخَاصَّةٍ فِي الْمَنَاطِقِ الْجَبَلِيَّةِ - إِذَا تَبَدَّى فَلَاحُ الْأَشْيَاءِ وَالنَّاسِ ضَعْفًا هَائِلَةً عَلَى الصُّبَابِ أَوْ الشُّجُبِ الْوَاقِعَةِ تَحْتَهَا. وَيُعرفُ هَذَا الظَّلُّ بِشَبْحِ بَرُوكِينِ نِسْبَةً إِلَى جَبَلِ بَرُوكِينِ فِي أَلْمَانِيَا - حَيْثُ تُشَاهَدُ هَذِهِ الظَّاهِرَةُ.



## جون تيندال

اهتم العالم البريطاني، جون تيندال (١٨٢٠-١٨٩٣)، بدراسة المثالج، وكان من أوائل مُتَسَلِّفِي جَبَل مَازِيْهَوْرِن فِي الْأَلْبِ السُوسِرِيِّ. وَلَهُ أَيْضًا



أَبْحَاثٌ فِي الضَّوءِ وَظَاهِرَةِ اسْتِطَارَتِهِ بِالْجُزَيْنَاتِ الْكَبِيرَةِ وَالْغُبَارِ. هَذِهِ الظَّاهِرَةُ الْمَعْرُوفَةُ بِاسْمِهِ هِيَ سَبَبُ رَوْنَتِنَا لِحَرَمِ الْأَشْعَةِ مِنْ نُورِ الشَّمْسِ. وَادْتَأَى تِينْدَالُ أَنَّ رُزْقَةَ السَّمَاءِ عَائِدَةٌ إِلَى كَوْنِ اسْتِطَارَةِ الْجُزْءِ الْأَزْرَقِي مِنْ نُورِ الشَّمْسِ فِي السَّمَاءِ أَيْسَرًا كَثِيرًا مِنْ اسْتِطَارَةِ بَيَاضِ مِنَ الْأَلْوَانِ الْأُخْرَى؛ وَقَدْ أَثْبَتَ آيْنِسْتَيْنُ صِحَّةَ ذَلِكَ قِيَمًا بَعْدَ.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الكهربائية الشائعة ص ١٤٦
- الانكسار ص ١٩٦
- الضوء والمادة ص ٢٠٠
- الظلال ص ٢٠١
- الألوان ص ٢٠٢
- الجو ص ٢٤٨



# التنبؤ بالأحوال الجوية

العلامة الدالة على  
الزمن تحدد موقع  
المعركة



## الطقس في التاريخ

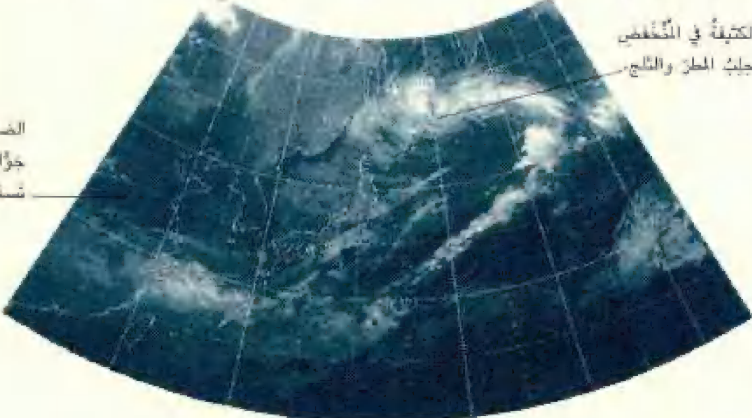
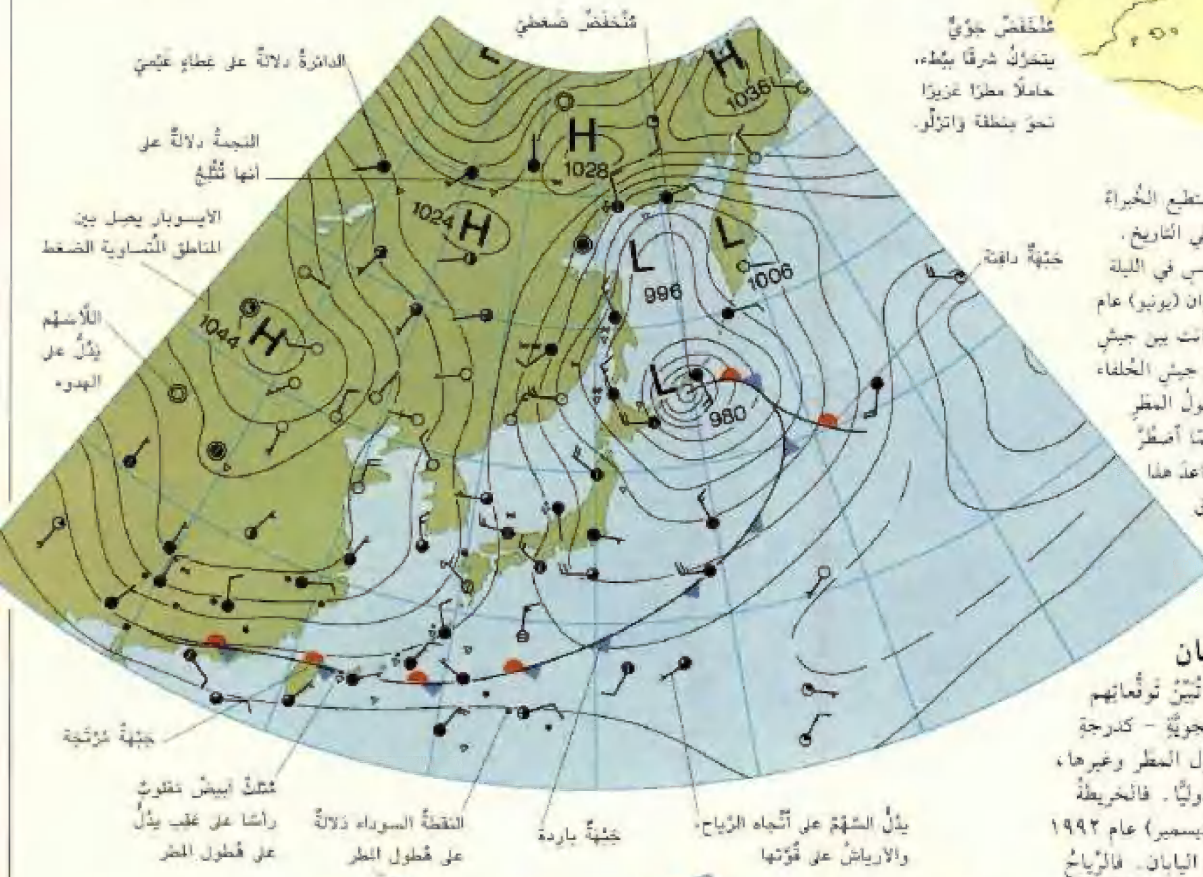
بالرجوع إلى السجلات القديمة نستطيع التنبؤ بالطقس لأيام معينة في التاريخ. فالخريطة أعلاه، تُبين أحوال الطقس في الليلة السابقة لمعركة واترلو في ١٧ حزيران (يونيو) عام ١٨١٥. والمعروف أن المعركة كانت بين جيش الإمبراطور الفرنسي نابليون، وبين جيش الحلفاء بقيادة دوق ولينتون. فقد أدى هطول المطر الغزير إلى تحويل أرض المعركة بما أصطُرَّ الفرنسيين إلى تأخير هجومهم. فساعد هذا التأخير على تدفق المزيد من الفرقة العسكرية لمساندة جيش ولينتون وانتصاره في المعركة.

## خريطة طقس من اليابان

يُرسِّم المُنْتَبِهُونَ خرائط للطقس تُبين توقعاتهم لمختلف الظروف والأحوال الجوية - كدرجة الحرارة والرياح والضغط وهطول المطر وغيرها، مُستخدمين رموزًا متفقًا عليها دوليًا. فالخريطة المُعدَّة ليوم ١٦ كانون الأول (ديسمبر) عام ١٩٩٢ تُبين تنبؤ مُنخفض جوي فوق اليابان. فالرياح القوية تهبُّ حول المُنخفض باتجاه يبدُ ألتجاه عقارب الساعة مُدوَّرةً جبهاتٍ من الهواء الدافئ والبارد معه. فطقس اليابان المتوقع عاصفٌ رطبٌ - بينما يُسيطر مُرتفع جويٌّ إلى الغرب - بما يعني أن الطقس في الصين باردٌ وجافٌ.

## منظر من الفضاء الخارجي

تُلتقط صورٌ للشُّب من الفضاء الخارجي بواسطة سواتل رُصد الطقس، تُبين الأحوال الجوية بنظرة خاطفة. الصورة السانلة هنا تُبين أساط الشُّب المرافقة لخريطة الطقس أعلاه - فلاحظ أن الشُّب تُشكِّلُ عقدةً كثيفةً على مُقرَّب من مركز المُنخفض الجوي، مع مزيد من الشُّب المُنتشرة على أُمْتداد خط الجبهة.



منخفض ضغطي  
الدائرة دالة على غطاء عديمي  
النجم دالة على أنها تُثلج  
الأيسوار يحل بين المناطق المتساوية الضغط  
الأسهم يدل على الهدوء  
جبهة مُرتجة  
ثلث أبيض تقوُّث  
رأساً على غيب يدل على هطول المطر  
النقطة السوداء دالة على هطول المطر  
جبهة باردة  
يدل السهم على اتجاه الرياح والأرياش على قُوَّتها  
الشُّب الكثيفة في المنخفض الجوي تجلب المطر والثلج  
الضغط العالي يدلُّ جواً صافياً بدون سُناط.



## جَمْعُ المَعْلُومَات

تضمُّ مُنظَمةُ الأرصادِ الجويةِ العالميةِ ١٥٠ بلدًا تُعَيِّدُ كُلُّها من المَعْلُومَاتِ المُتجمَّعةِ في المراكزِ العالميةِ لِرُصدِ الأحوالِ الجويةِ. تُجمَعُ كُلُّ يومٍ مُعطياتٌ من حوالي ١٠,٠٠٠ محطةٍ أرضيةٍ و ٧,٠٠٠ سفينةٍ ومَنَاطِرَ الطائراتِ والمَناطيدِ وعِدَّةُ سَوَاتِلَ، في مراكزٍ خَاصَّةٍ في موسكو بروسيَا، وواشنطن العاصمةِ بالولاياتِ المتحدةِ، ومَلبورن بأستراليا، وتُنظَّمُ النُشُرَاتُ الجويةُ الإقليمِيَّةُ والدولِيَّةُ، وتُرسلُ إلى الأعضاءِ في المنظمةِ؛ فَرِيسِلُ هؤلاءِ يَدَوِّرُهُم تلكَ المُعطياتِ إلى مكاتبِ الأرصادِ الجويةِ المحليَّةِ التي تُعَدُّ بِدَوْرِها النُشُرَاتِ الجويةَ الخاصَّةَ بالبلدِ المُصوِّرِ.



## السُّفُن

تُقَيِّسُ سُفُنُ الرُّصدِ الجويِّ الضغطَ ودرجةَ الحرارةِ في مُستوى سطحِ البحرِ، كما تقيسُ درجةَ حرارةِ البحرِ ذاتِهِ. وتُطلَقُ أيضًا بالوناتُ الرُّصدِ الجويِّ ليعبَثَ المَعْلُومَاتُ عن أحوالِ الجوِّ على أرتفاعاتٍ مُختلفةٍ.

## الحواسِب

تُعَدُّ النُظُمُ والمَناطِرُ الحاسوبِيَّةُ بالمَعْلُومَاتِ الأرصادِيَّةِ من سائرِ أنحاءِ العالمِ، فتُضَمُّ الحواسِبُ بتنظيمِ النُشُورَاتِ عن أحوالِ الطقسِ المُتَوَقَّعةِ.

## مَسَائِيرُ الرُّصدِ اللَّاسلكِيَّةِ

تَحْمِلُ المَناطِدُ المُعَبَّأَةُ بالهَيُومِ وَرَقًا من المُعَدَّاتِ إلى الجَوِّ تُعرَفُ بِمَسَائِيرِ الرُّصدِ اللَّاسلكِيَّةِ. وبالإضافةِ إلى ما تَبَعُهُ هذهِ المَسَائِيرُ من مُعطياتٍ عن الضغوطِ ودرجاتِ الحرارةِ، فإنَّه يَستَكِنُ تَعَلُّبُها لِتَبيُّرِ شُرَعَاتِ الرِّيحِ المُتَخلِفةِ.



تُطلَقُ مَسَائِيرُ الرُّصدِ اللَّاسلكِيَّةِ شُرُوعًا في اليومِ على الأقلِّ.

## استِخدامُ النُشُورَاتِ الجويةِ

لا غنىَ لِلمَطارَاتِ عن نُشُورَاتِ الأحوالِ الجويةِ، بِخَاصَّةٍ في طَلَسِ رَدِيٍّ، عَمَّا تَتَّخَذُ النَبايِرُ وَتَجهِزُ المُعَدَّاتِ لِإبقاءِ المَدارِجِ سالِكَةً. وتُعتبرُ النُشُورَاتُ والجَليدُ أسوأَ ما يُهَيِّدُ حَرَكَةَ المَطارَاتِ من أَخطارٍ؛ كما أنَّ التَحدِيراتِ مِنَ الرِّيحِ العاتِيَةِ مُهمَّةٌ أيضًا.

### لِمزيد من المَعْلُومَاتِ انظُرْ

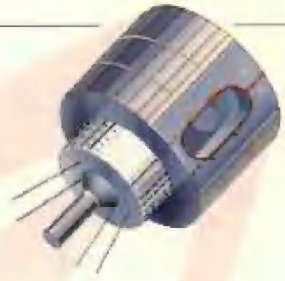
ضَعْفُ الهِواءِ من ٢٥٠
الجَهاِزُ المُناخِيَّةُ من ٢٥٣
قُوَّةُ الرِّيحِ من ٢٥٦
تَكوُّنُ السَّحبِ من ٢٦٢
رُصدُ الطقسِ من ٢٧٢
السَّوَاتِلُ (الأقمارِ الصَّناعِيَّةُ) من ٣٠٠
حَقائِقُ ومَعْلُومَاتُ من ٤١٦

## المَحرَّكاتُ المُؤَمَّنَّةُ

في المَناطِقِ المَناخِيَّةِ تُجمَعُ مَعْلُومَاتُ رُصدِ الطقسِ في نَقطَاتٍ غيرِ مأهولةٍ، ثُمَّ تُرسلُ أوتوماتِيًّا عن طريقِ سَاطِلِ فضاءٍ إلى مراكزِ الأرصادِ الجويةِ. وتُقامُ مَحرَّكاتُ مُنايِلَةٌ على بعضِ بِنَاضَاتِ المُقطِبِ الجَويَّةِ البَعيدَةِ عن السَّاحِلِ.

## السَّوَاتِلُ

تُجمَعُ المَعْلُومَاتُ مِنَ الأرضِ بواسطةِ السَّوَاتِلِ وتُرسَلُ إلى مَحرَّكاتِ الرُّصدِ الجويِّ كُلُّ ٣٠ دَقيقَةً مُرفَقَةً بِصورٍ لِأَمنَاطِ السَّحبِ المُتَوَاقِدةِ.



## الطَّوافِي الأوتوماتِيَّةُ

تُستَخدَمُ طَوافِي (ج. طَافِيَّة) الرُّصدِ الجويِّ، بِذَلِ السُّفُنِ ذاتِ الطَّوافِي، لِتَجمُلِ المَعْلُومَاتِ عَنِ الطَّقسِ المُحَلِّيِّ على مُستوى سطحِ البحرِ وتُرسَلُ إلى السَّوَاتِلِ.



## الطَّائِرَاتُ

تَحمِلُ طَائِرَاتُ خَاصَّةً آلاتَ الرُّصدِ إلى الجَوِّ. وهي أحيانًا تُبَثُّ قِياساتُها نَواً إلى الأرضِ، أو تُسَجَّلُ قِياساتُها المُتَخلِفةُ وتَعودُ بِها إلى الأرضِ.

## المَحرَّكاتُ الصَّغِيرَةُ

يُؤدِّي بعضُ الأفرادِ قَورًا مُهمًّا في رُصدِ الطقسِ بواسطةِ آلاتٍ رُصدٍ بسيطةٍ، وهم يَعتَونُ بِمَعْلُومَاتِهِم عَنِ أحوالِ الطقسِ المُحَلِّيِّ إلى مَحرَّكةٍ رُصدٍ وَجِيبِيَّةٍ.



## لويس فَرَاي رِيشاردسون

استَظَفَ الرِّياضِيُّ البَريطَانِيّ، ل. ف. رِيشاردسون (١٨٨١-١٩٥٣)، طَريقَةً لِاستِخدامِ التَقيَّاتِ الرِّياضِيَّةِ في التَنبؤِ عَنِ الأحوالِ الجويةِ. أنجَزَ رِيشاردسون نَظَريَّتَهُ أَثناءَ خِدمَتِهِ القَسكرِيَّةِ في فِرَقَةِ الإِسعافِ حَوالَ الحَربِ العَالَمِيَّةِ الأولى؛ لَكنَّ مُخطَوطَتَهُ قُبدَتِ عامَ ١٩١٧ في إِحدى المَعارِكِ، ثُمَّ وَجِدتِ بَعدَ جَدةٍ أَشْهُرٍ تَحْتَ قَومَةٍ مِنَ القَضمِ. وقد نُشِرَ عَمَلُ رِيشاردسون عامَ ١٩٢٢، لَكنَّ أَفكارَهُ لَم يَمكنَ تَطبيقُها إِلا حِينَ اختَرَعَ الحاسِبُ الإِلِكترُونِيّ بَعدَ ٢٠ سَنَةٍ.





## رَضْدُ الطَّقْسِ

## إخيمارُ السماء

يُخَمَّرُ الْأَقْوَى عَادَةً عِنْدَ الْفَجْرِ وَالْعَشِيِّ، لَكِنَّ نَقِمْ  
السَّمَاءِ يَنْحَبِثُ هَذَا الطُّلُوعُ فِي أَوْرُوبَا وَأَمْرِيكَا  
الشَّمَالِيَّةِ، تَحْوِيلُ الرِّيحَاتِ التَّغْيَرَاتِ فِي الْأَحْوَالِ  
الْجَوِّيَّةِ مِنَ الْغَرْبِ، فَإِذَا اشْتَدَّتْ شُمْرَةُ الطَّقْسِ عِنْدَ  
الْغُرُوبِ فَذَلِكَ يَعْنِي أَنَّ الطَّقْسَ الْمُقْبِلَ سَيَكُونُ  
صَافِيًا، أَمَّا خُمْرَةُ السَّمَاءِ عِنْدَ الصَّبَاحِ فَتَعْنِي أَنَّ  
الطَّقْسَ الْجَيِّدَ يُضَارِفُ نَهَائِهِ.

الشَّقْفُ الْمُرْدُوجُ يَضُدُّ حَرَارَةَ الشَّمْسِ.

عَلَى مَدَى آلَافِ السِّنِينَ، قَبْلَ اخْتِرَاعِ آلَاتِ رَضْدِ الطَّقْسِ فِي الْقُرُونِ السَّادِسِ عَشَرَ، كَانَ النَّاسُ  
يَرْقُبُونَ الْمَظَاهِرَ الطَّبِيعِيَّةَ وَشَكْلَ السَّمَاءِ وَالْغَيْومِ، وَأَوْضَاعَ الشَّمْسِ وَالْقَمَرِ وَأَحْيَانًا سُلُوكَ  
الْحَيَوَانَاتِ وَالنَّبَاتَاتِ لِتَعْرِفَ أَحْوَالِ الطَّقْسِ. وَلَقَدْ نَشَأَ عَنْ تِلْكَ الْخَبَرَاتِ الْكَثِيرُ مِنَ الْأَقْوَالِ  
الْمَأْثُورَةِ فِي عِلَالِمَاتِ الطَّقْسِ الْمُتَوَقَّعِ تَنَاقُلَتْهَا الْأَجْيَالُ عَلَى مَرِّ السِّنِينَ فَعَدَّتْ جُزْءًا مِنَ الثَّرَاثِ  
الشَّعْبِيِّ عِنْدَهُمْ. إِنَّ كَثْرَةَ مِنْ هَذِهِ الْعِلَالِمَاتِ وَالْأَمْثَالِ هِيَ أَكْثَرُ مِنْ ثَرَاثِ شَعْبِيٍّ - فَهِيَ غَالِيًا مَا  
تَصَحُّ فِي مَجَالِ الرِّضْدِ الْجَوِّيِّ. إِنَّ الْمُرَاقِبَةَ الدَّقِيقَةَ لِأَحْوَالِ الطَّقْسِ، مُعَزَّزَةٌ بِالْقِيَاسَاتِ  
الْبَسِيطَةِ لِدَرَجَاتِ الْحَرَارَةِ وَالضَّغْطِ الْجَوِّيِّ تَجْعَلُ  
عَمَلِيَّةَ التَّنْبُؤِ الذَّاتِيِّ بِالْأَحْوَالِ الْجَوِّيَّةِ الْمُحَلِّيَّةِ مَصْدَرًا  
مَوْثُوقًا يُعَوَّلُ عَلَيْهِ.

الْوَقْتُ الْإِبَاهُجُورِيُّ يُظَلِّلُ آلَاتِ الرِّضْدِ مِنْ شَعْرِ  
الشَّمْسِ الْمُبَاشِرِ، وَثِيْمُنُ شَقَوَى السُّهُوبِ فِي  
جَوَانِبِ الصَّنَدُوقِ دَوْرَانِ الْهَوَاءِ بِشَرِيَّةٍ دَاخِلِهِ.

تِرْمُومَتَرٌ ثَوْبُصِيلَةٌ  
مُخَضَّلَةٌ وَأُخْرَى جَائِفَةٌ

تُقَنَّمُ التَّنْبِئَةُ  
الْمُخَضَّلَةُ فِي سَاعٍ مُقَدَّرَةٍ  
وَحُلَالِ عَمَلِيَّةِ التَّنْبُؤِ  
تُقَنَّمُ الْحَرَارَةُ مِنْ  
التِّرْمُومَتَرِ.

تُقَامُ جَمِيعُ

صَنَادِيقُ سَتِيْفَنَسُونِ

الْإِبَاهُجُورِيِّ لِلرِّضْدِ

الْجَوِّيِّ عَلَى غُلُو

١٠٢ كِي يُمَكِّنُ

تُقَارَنَةُ جَمِيعِ

الْقِيَاسَاتِ بِبِقَّةِ.

## صَنَادِيقُ سَتِيْفَنَسُونِ الْإِبَاهُجُورِيَّةُ

تُسْتَعِيدُ مَعْلُومَاتُ الرِّضْدِ الْجَوِّيِّ وَالْكَثِيرُ مِنَ الْمَدَارِسِ صَنَادِيقُ سَتِيْفَنَسُونِ  
الْإِبَاهُجُورِيَّةِ. وَقَدْ يَحْوِي الْوَاحِدُ مِنْهَا تِرْمُومَتَرًا ذَا بُصِيلَةٍ مُخَضَّلَةٍ وَأُخْرَى جَائِفَةٍ  
لِقِيَاسِ الرُّطُوبَةِ النَّسْبِيَّةِ، الَّتِي تَتَغَيَّرُ بِتَغْيَرِ دَرَجَاتِ الْحَرَارَةِ، وَالَّتِي تُحْتَسَبُ بِوَسْطَةِ  
جَدْوَلٍ خَاصٍّ. وَقَدْ يَحْوِي الصَّنَدُوقُ الْإِبَاهُجُورِيُّ أَيْضًا تِرْمُومَتَرَ النِّهَائِيَّةِيِّنِ الْعُظْمَى  
وَالْمُغْزَى وَمُسْجَلَاتٍ بِمُخَطَّاطِيَّةٍ لِلرُّطُوبَةِ وَدَرَجَاتِ الْحَرَارَةِ.

## الْكُرْزُ الْيَابَانِي

خَرَبَتِ الْعَادَةُ فِي

الْيَابَانِ عَلَى تَسْجِيلِ

تَوَارِيخِ شَوْبَرِ (إِزْمَارُ)

أَشْجَارِ الْكُرْزِ شَنْدُ عِدَّةِ قُرُونٍ. وَقَدْ سَاعَدَتْ تِلْكَ

التَّسْجِيلَاتُ الشَّهْنَمِيْنَ بِالرِّضْدِ الْجَوِّيِّ عَلَى مَعْرِفَةِ

نَوْعِيَّةِ الطَّقْسِ مِنْ مَنَابِتِ السِّنِينَ، وَمَا إِذَا كَانَ فُصْلُ

السَّمَاءِ قَارِسًا أَوْ الرَّبِيعُ مُتَكَرِّرًا فِي أَيِّ سَنَةٍ مِنَ السِّنِينَ.

## المَوَاشِي

يُتَعَقَّدُ شَعْبِيًّا أَنَّ خُتُومَ الْمَوَاشِي فِي الْحَقُولِ دَلِيلٌ عَلَى  
قُرْبِ طُغُولِ الْمَطَرِ - إِفْرَاطًا أَوْ بَدَلًا فَتُحْتَسَبُ  
لِنَفْسِهَا مَحْشَا جَائِفًا. حَتَّى لَوْ كَانَ هَذَا  
الْإِنْفِرَاضُ صَحِيحًا، فَالْمَلَاخَةُ أَنَّ الْمَوَاشِي  
تُخْتَمُ فِي أَيِّ وَقْتٍ. فَلَا يَدُلُّ خُتُومُ قَطْعٍ مِنَ  
الْبَقَرِ فِي حَقْلِ مَا عَلَى قُرْبِ طُغُولِ الْمَطَرِ

يَصْبِغُ عَلَسُ غَشِيَّةِ  
الْبَقَرِ زَهْدًا عِنْدَ  
اقْتِرَابِ طُغُولِ الْمَطَرِ.



## الْعُشْبُ الْبَحْرِي

يُمْكِنُكَ اسْتِخْدَامُ عُشْبَةٍ مِنَ عُشْبِ الْبَحْرِ الْأَشْمَرِ (الْكَلْبِ)  
لِتَجْلِيهَا مِنَ الشَّامِلِ، كَقِطْعَةٍ الْكَلْبِ هَذِهِ، لِتَسَاعِدَكَ فِي  
مُرَاقِبَةِ تَغْيَرَاتِ الطَّقْسِ، فَهِيَ الطَّقْسُ الْجَائِفُ تَسْتَعْرِ الرُّطُوبَةَ  
مِنْ عُشْبَةِ الْكَلْبِ فَتَصْبِغُ قَصِيْفَةً مُلْبَنَةً. وَفِي الطَّقْسِ الرُّطْبِ  
تَتَنَقَّلُ الْعُشْبَةُ الرُّطُوبَةَ مِنَ الْهَوَاءِ فَتَعْدُو مُتَنَبِّحَةً طَوِيَّةً مُجَدِّدًا. غَيْرَ أَنَّ  
تَغْيَرَاتِ عُشْبَةِ الْبَحْرِ تُبَيِّنُ عَنْ حَالِ الطَّقْسِ آتِيًا - لَا غَمًّا سَيَكُونُ عَلَيْهِ الطَّقْسُ  
فِي أَيَّامٍ مُقْبِلَةٍ.



## العِظَامُ

تُعَانِي الْحَيَوَانَاتُ مِنَ  
الْزُّلْمَةِ (الرُّومَاتِيْزْمِ) فِي  
عَفَافِهَا.

خِلَالِ فَرَاتِ الطَّقْسِ اللَّطِيفِ السَّعِيدِ قَدْ  
لَا يَتَغَيَّرُ مُعَانَةُ الرُّيَّةِ (الرُّومَاتِيْزْمِ) بِالْأَلَمِ.  
لَكِنَّ مَعَ اقْتِرَابِ الطَّقْسِ الرُّطْبِ الْبَارِدِ،  
فَتُحْمَلُ يَدَاؤُنِ التَّخَشُّعُ فِي عِظَاهِمَا.

## لِزَيْدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ أَظْهَرُ

- الْقِسْمُ وَالْمَادَّةُ ص ٢٠٠
- الْمُنَاقَاةُ الشَّغِيرَةُ ص ٢٤٦
- ضَغْطُ الْهَوَاءِ ص ٢٥٠
- فَرَجَاتُ الْحَرَارَةِ ص ٢٥١
- الرُّطُوبَةُ ص ٢٥٢
- السُّبْبُ ص ٢٦٠
- طَوَاهِرُ وَتَأَثِيرَاتُ غَيْرِ عَادِيَّةٍ ص ٢٦٩
- التَّنْبُؤُ بِالْأَحْوَالِ الْجَوِّيَّةِ ص ٢٧٠

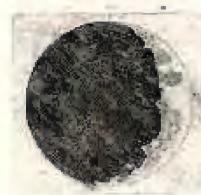


# الفضاء

عندما نتطلع نحو السماء فأنتم نتنظر إلى الفضاء - حيث قد تترى النجوم والكواكب ومدى شامعها من الفضاء الخاوي فيما بينها. وقد حاول الناس منذ القدم إدراك موقع الأرض في مجالها المحلي المحدود من هذا الفضاء ومع ما هو وراءه من الكون اللامحدود. استخدمت الحضارات الأولى تحركات الأجرام السماوية أساساً لتقاويمها ودليلاً مريضاً للملاحة البحرية وأحياناً لاستطلاع الأحداث المستقبلية بالتنجيم. وقد حاول الفلكيون الأوائل تعليل تحركات تلك الأجرام؛ وراحوا منذ القرن التاسع عشر يبحثون عن ماهيتها ونشأتها. واليوم نتاح للفلكيين تقنيات متطورة بالغة الدقة والتعقيد لمتابعة أبحاثهم في محاولة فهم أسرار هذا الكون الفسيح.



في العام ١٦٠٩، كان عالم الفلك الإيطالي، غاليليو غاليلي، أول شخص يدرس الفضاء بمقرب (تلسكوب).



حين وجّه غاليليو مقرابه نحو القمر شاهد هاتاً وجبالاً لا ترى بالعين المجردة.

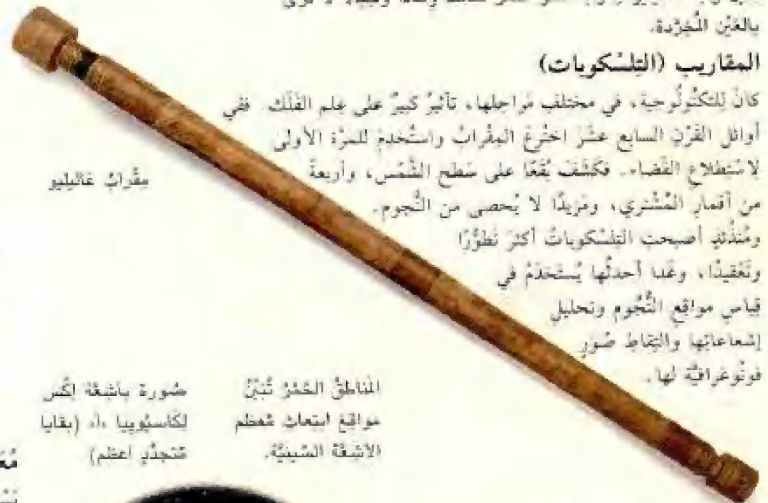
## الفضاء الموحش

تصل الكون بلايين النجوم، والمجرات، ومع ذلك يُقلّ خاويًا شبيهاً. وهو من أشبه المدى حيث إنّ ضوء جميع بلايين النجوم لا يكفي لإنارته؛ فبين النجوم هنالك بلايين الكيلومترات من الفراغ الشظلم البارد. والمعروف أنّ الإنسان هو شكل الحياة المذكور الوحيد في هذا الكون؛ لذا فالفضاء، بالنسبة له، مكان موحش حقاً.

## المقارب (التلسكوبات)

كان للتكثولوجية، في مختلف مراحلها، تأثير كبير على علم الفلك. ففي أوائل القرن السابع عشر اخترع المقراب واستخدم للمرة الأولى لاستطلاع الفضاء. فكشفت نغماً على سطح الشمس، وأربعة من أقمار المشتري، ومزيداً لا يحصى من النجوم. ومنذئذ أصبحت التلسكوبات أكثر تطوراً وتعقيداً، ولما أحدثها يُستخدم في قياس مواقع النجوم وتحليل إشعاعاتها والقياسات صور فووغرافية لها.

مقراب غاليليو



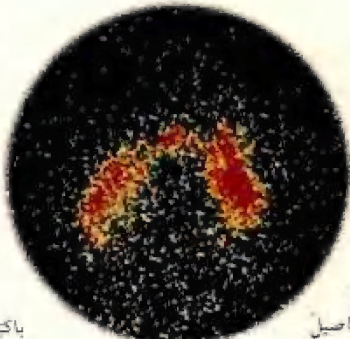
صورة باشعة إكس لكاسيوبيا «أ» (بقايا شتدّي اعظم)

المناطق الشدّي تُرى مواقع ابتعاد شظلم الأشعة السينية.

سابران فضائيّان، من طراز فوياجير، زارا كواكب المشتري وزحل وأورانوس ونبتون في الفترة بين ١٩٧٩ وبين ١٩٨٩، فاشتا بعض النظريات العلمية كما حقّقوا أيضاً بعض الاكتشافات غير المتوقعة.

## معدّات حديثة

يستخدم الفلكيون معدّات حديثة على الأرض، ويرسلونها أيضاً إلى الفضاء للحصول على مشاهد ومعلومات أفضل عما يُحيط بنا. فالمقارب الدائرة في مداراتها حول الأرض تستطيع رؤية الأجرام الفضائية بوضوح أشدّ، كما يُمكنها التقاط إشعاعات لا يتسنى لها اختراق جو الأرض. كما تُرسل الروبوتات، كسواير فضائية، في رحلات موجّهة لتدور حول كواكب أخرى أو تُخطّ عليها وتبعث باكتشافاتها إلى الأرض. وجدير بالذكر أنّ التحكّم في معظم هذه السواير والتلسكوبات يتم من الأرض بواسطة الحواسيب.



## صور الفضاء

على مدى عدّة قرون، ظلّت الطريقة الوحيدة لاستطلاع حفايا الكون هي تجمع أمواج الضوء المنبعثة من الأجرام الفضائية ودراستها. أما اليوم فيستطيع الفلكيون تجميع ودراسة أنواع أخرى من الإشعاعات المنبعثة، كالأشعة السينية مثلاً، لإعداد صور أدقّ عن الكون. فالصورة التقاطت بالأشعة السينية (أشعة إكس) ليغايا نجم مضخم (مستجود أعظم) تظهر تفاصيل واضحة واضحة - في حين إنّها لو التقطت بأموح ضوئية فقط، لما بان منها سوى كتلة غازية خافتة التوهج.



# الكَوْن

الكَوْن

مجموع المجرات في الكون يقارب  
١٠٠.٠٠٠ بليون مجرة.

الكَوْن هو كُلُّ شيءٍ يُمكنُ أَنْ تُفَكَّرَ فيه وأكثر. فهو يشملُ جميعَ المَجَرَّاتِ والنُّجُومِ والكواكبِ والأقمارِ والحيواناتِ والنباتاتِ والكُتُبِ، كموسوعتك هذه، كما يشملُك أنتَ وغيرُك من بني البَشَرِ - ويشملُ حتَّى الفراغَ بين هذه جميعها. لقد حسبَ الأقدمون أنَّ الكَوْنَ يَضُمُّ فقط ما يُشاهدونه بأعينهم من الأرض؛ وكانوا يعتبرون الأرضَ مركزَ الكَوْنِ وأهمَّ جزءٍ فيه. أمَّا اليومَ، فنحنُ نعلمُ كم هو الكَوْنُ شاسعٌ بما يفوقُ التَّصوُّرَ، وأنَّ الأرضَ ما هي إلا جُزءٌ ضئيلٌ جدًّا منه. لقد تطوَّرَ مفهؤُنَا الحاليُّ لِلكَوْنِ بِفَضْلِ علماءِ الفلكِ والكونيَّاتِ في هذا القرنِ؛ فالفلَكِيُّونَ يدرسونَ أجزاءَ مُعيَّنة من الكون - فيما يَجْهَدُ الكونيُّونَ ليعرِفَ أصلَ الكَوْنِ ونشأته وتطوُّراته.

## الكَوْنُ المتغيِّرُ

كُلُّ شيءٍ في الكَوْنِ يتغيَّرُ، فعلى الأرضِ، يتغيَّرُ بَنُو البَشَرِ بعدَ انقضاءِ آجالهم. وكذلكِ النباتاتُ والكائناتُ الأخرى. والنُّجُومُ في الفضاءِ أيضًا لها أحوالها، وهي دائمةُ التغيُّرِ. حتَّى الكَوْنُ كمجموعٍ لا يبقى على حاله، فهو أيضًا له أجَلُهُ الخاصُّ. ففي مطلعِ هذا القرنِ، اكتشَفَ الفلكيُّونَ أنَّ جميعَ المَجَرَّاتِ (مجموعاتٍ عظيمةٍ من النجومِ) يتباعدُ بعضها عن بعضٍ بِسرعةٍ، وأنَّ الكَوْنَ يتمدَّدُ باستمرارٍ.

## السَّنةُ الضوئيةُ

المسافاتُ في الكَوْنِ شاسعةٌ جدًّا بحيثُ نَحتاجُ باليسيرِ الضَّوئيةَ - والسَّنةُ الضَّوئيةُ هي المسافةُ التي يقطعها الضوءُ في سنة. ولما كانت سرعةُ الضوءِ تساوي ٣٠٠.٠٠٠.٠٠٠ كم في الثانية، فإنَّ هذه المسافةُ تبلغُ ٩٤٦.٠٠٠ مليون كيلومتر.

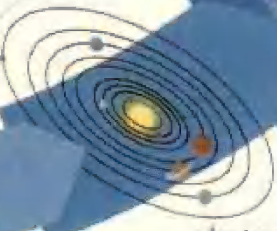


البشر



الأرض

يعيش البشر على كوكبِ  
هو الأرض.



النظام الشمسي

الأرض أحدُ تسعةِ كواكبٍ  
تدورُ حولَ نجمٍ هو الشمس.

## دُوبُ النِّبَّانةِ

الشمسُ شجرةٌ نجم  
واحدٍ فقط من قِزَّابةِ  
٥٠.٠٠٠ مليون  
نجمٍ في مجرةٍ تُسمَّى  
دُوبُ النِّبَّانةِ.

يعتقدُ الفلكيُّونَ أنَّ  
هناك المِليَّارينَ من  
النُّجُومِ التي لها  
كواكبها الخاصةُ في  
الكَوْنِ. لكنَّ الشمسَ  
هي، حتَّى الآنَ،  
النجمُ المعروفُ  
الوحيدُ الذي ينطبقُ  
عليه ذلك.

## قَتَرُ من المَجَرَّاتِ

تُؤخِّدُ شجرةٌ دُوبُ النِّبَّانةِ خمسَ قَتَرٍ  
(عقودٍ) من المَجَرَّاتِ يَضُمُّ حوالي ٢٠  
شجرةً. إنَّ تجلُّعاتِ كهذه تُصنَّفُ  
إجمالًا كإقليمٍ مجرَّيةٍ عُظمى.

## إدوين هبل

في العام ١٩٢٤، بيَّنَ الفلكيُّ الأمريكيُّ، إدوين هبل (١٨٨٩-١٩٥٣)، أنَّ السَّديمَ (رُقعًا ضوئيةً ضبابيةً في الفضاءِ) هي مَجَرَّاتٌ بعيدة. وفي العام ١٩٢٩، وَجَدَ أنَّ السرعةَ التي تتحرَّكُ بها مَجَرَّةٌ ما، بعيدًا عن الأرضِ، تعتمدُ على بُعدها عن الأرضِ. فإذا كان بُعدُ مَجَرَّةٍ خمسةَ أضعافٍ بُعدِ أخرى، فإنَّها تتحرَّكُ بِسرعةٍ تساوي خمسةَ أضعافٍ سرعةِ الأخرى. وهذا هو قانونُ هبل.

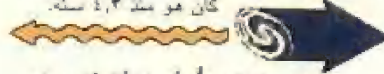


## لزيد من المعلومات انظر

- قياس الصوت من ١٨٠
- الضوء من ١٩٠
- أصل الكون من ٢٧٥
- المجرات من ٢٧٦
- النجوم من ٢٧٨
- النظام الشمسي من ٢٨٣
- علم الفلك من ٢٩٦

## الانزياح نحو الأحمر

يسري الضوء أواجًا، فال موجةٌ ضوئيةٌ المنضغطةُ المرتفعةُ زرقاءُ، بينما الممتدةُ الممتدةُ خضراءُ - وفي ما بينهما باقي ألوان الطيف الأخرى. إنَّ أمواجَ الضوءِ من مَجَرَّةٍ، تتحرَّكُ بعيدًا عنَّا، تُنْطَفِئُ نحو الطرفِ الأحمرِ للطيف - فيما تُسمَّى الانزياحُ نحو الأحمرِ، ويزدادُ هذا الانزياحُ بازديادِ سرعةِ المَجَرَّةِ. ويعلمُ الفلكيُّونَ، تَيمًُّا بقانونِ هبل، أنَّ المَجَرَّاتِ الأبعدَ تتحرَّكُ بعيدًا بِسرعةٍ أكثرَ من المَجَرَّاتِ الأقربِ، وهكذا يتبيَّنُ، بمدى الانزياحِ نحو الأحمرِ، بُعدُ المَجَرَّةِ وموضعُ الدُّرسِ عن الأرضِ.



الضوءُ البُرْتُقاليُّ المُختَصِّرُ المُبْتَعَدُ من هذه  
المَجَرَّةِ يُبيِّنُ أنها تتحرَّكُ بعيدًا عنَّا.

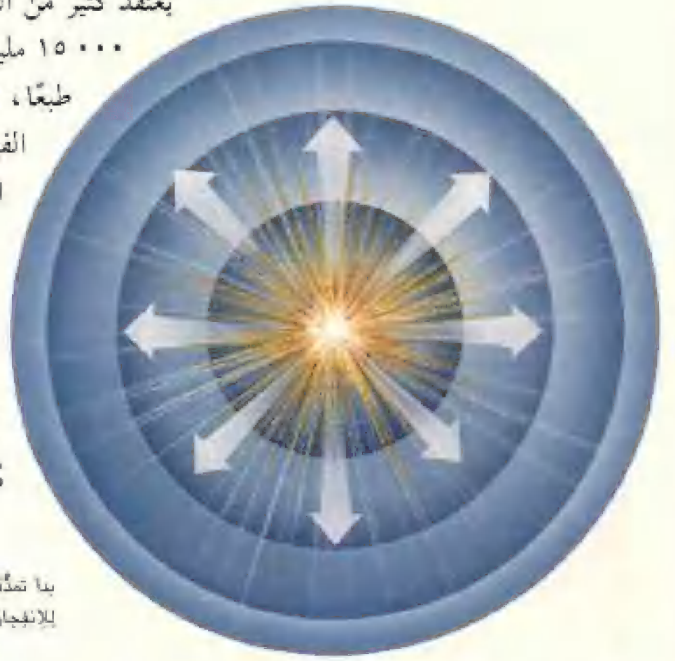


الضوءُ المُبْتَعَدُ من هذه المَجَرَّةِ مُتَزَاخٌ أكثرَ نحو الطرفِ الأحمرِ للطيفِ. وهذا يُبيِّنُ أنَّ سرعةَ هذه المَجَرَّةِ أكثرُ وأنها أبعدُ من المَجَرَّةِ اعلا.



# أصل الكون

يُعتقد كثيرٌ من العلماء أن الكون نشأ عن انفجار هائل هو الانفجار العظيم، منذ ١٥٠٠٠ مليون سنة، تولدت فيه كل أشكال المادة والطاقة - كما الفضاء والزمن. طبعاً، لم يكن هناك أحد ليروي ما حدث، ولكن الاكتشافات الفذة في علمي الفيزياء والفلك مكّنت العلماء من إقفاء تاريخ الكون حتى جزء الثانية الأول من نشأته. وهم يعتقدون أن مادة الكون قبل الانفجار كانت هيولى مطلقّة متراصة في حجم ضئيل، وأنها في تمدد مستمرّ مُندئذ. وقد وُضعت نظريّة الانفجار العظيم عام ١٩٣٣، ثم قُدِّمت نظريّة أخرى عام ١٩٤٨، تُعرّف بنظريّة الحالة المُستقرّة، مفادها أن تخلّق المادة الجديدة مُستمرّة؛ وهكذا فإن الكون، ككل، لن يتغيّر! لكن هذه النظريّة لا يُعتدّ بها الآن. وقد بدأ العلماء مؤخراً يتدارسون مستقبل الكون وما الذي يُنتظره تالياً.



## الانفجار العظيم

منذ حوالي ١٥٠٠٠ مليون سنة كان الكون ضئيل الحجم جداً وحاراً جداً وبالانفجار العظيم بدأت عملية التمدد والتغير، وما زالت مُستمرّة حتى اليوم. فخلال دقائق من حدوث الانفجار أحدثت الجسيمات الذريّة بالثلاث مُكوّنة غازي الهليوم والهيدروجين اللذين، على مرّ ملايين السنين، أنتجا المُجَرَّات والنُجُوم والكون كما نعرفه اليوم.

## الكون الارتدادي

ما هو مُستقبل الكون؟ للعلماء نظريّات مُتباينة حول هذا الموضوع. فبعضهم، من أصحاب نظريّة الكون المفتوح، يترقّى أن لا نهاية مُحددة للكون؛ لكنّه سينقاسر تدريجياً قبل أن يتوقف! فيما يترقّى أصحاب نظريّة الكون المُغلّق أن الكون سيوفد عن التمدد ويبدأ بالانكسار والقلام حتى يُصبح مُترابطاً جداً أو حاراً جداً - تهيئةً لانفجارٍ عظيمٍ جديد.

بدأت أشكال الحياة الأولى بالظهور على الأرض حوالي ١٢٠٠٠ مليون سنة بعد الانفجار العظيم.

عاشت الديبوضورات منذ ١٩٠ مليون سنة. وظهر الجنس البشري منذ قرابة مليوني سنة - وهو جزءٌ ضئيل من عمر الكون.

الزمن الحاضر - حوالي ١٥٠٠٠ مليون سنة بعد الانفجار العظيم.

بدأت أشكال الحياة الأولى بالظهور على الأرض حوالي ١٢٠٠٠ مليون سنة بعد الانفجار العظيم.

## خُلُود الأزمنة

نشأ الكون مُتجانس الأجزاء تقريباً. لكن مع عملية التمدد أخذت المادة تلامّ كتلاً بداخله وساعدت الجاذبيّة في تجنّع المزيد منها تاركةً مناطق من الفضاء الخاوي بينها. وفي نهاية المطاف، أنتجت مناطق تجنّع المادة النُجُوم والمُجَرَّات.

كانت درجة الحرارة قرابة ١٠٠٠٠ مليون درجة.

سائل شبيه الخلفيّة الكونيّة (كوبي) ينسقي إشعاعات الكون الأولى. وقد كشفت، عام ١٩٩٢، نقاوّنات في هذه الإشعاعات - ممّا يؤيّد نظريّة الانفجار العظيم.

## إشعاعات الخلفيّة

منذ الأربعينيّات من هذا القرن، أخذ العلماء يقصّون حال الكون في بدايات نشأته. وكانوا مُدركين لحقيقة أنّه كان حافلاً بالإشعاعات وأن تلك الإشعاعات لا يُدّقد برّدت مع تنامي الكون وبرودته - حتى إن الفلكيّ الأمريكي، جورج جاما، قدّر درجة الحرارة التي يجب أن تكون عليها الآن. وفي عام ١٩٦٥، كشفت العالمان الأمريكيّان، أرنو بنزياس وروبرت ويلسون عن تواجّد مثل هذه الإشعاعات (المُشعّاة إشعاعات خلفيّة) فعلاً، فكان في ذلك بُرهانٌ يؤدّع نظريّة الانفجار العظيم.

قد يعود الكون إلى التراصّ شيئاً في «ذلك» عظيم.

بدأ تمدد الكون نتيجةً للانفجار العظيم.

ثم تحدث الانفجار العظيم آخر بعيداً انطلاقاً العنقّة ثانياً.

ولدت الشّمس بعد ١٠٠٠٠ مليون سنة من الانفجار العظيم، ونشأت الأرض والكواكب من الانكسار المحيط.

اتخذت مجرّتنا، درب التبانة، شكلها القُرصيّ بعد ٥٠٠٠ مليون سنة من الانفجار العظيم.

نشأت الكوازارات (أسلاف المجرّات) ما بين ٢٠٠٠ و ٣٠٠٠ مليون سنة بعد الانفجار العظيم.

بدأ تلامّ الماء كُتلاً بعد ١٠٠٠ مليون سنة من الانفجار العظيم.

## لمزيد من المعلومات انظر

- البيّنة الذريّة ص ٢٤
- الجليد والمناخ ص ٢٢٨
- الكون ص ٢٧٤
- المجرّات ص ٢٧٦
- النُجُوم ص ٢٧٨
- السّواقل (الأقمار الصناعيّة) ص ٣٠٠



# المَجَرَّات

تتواجد النُجُوم في مجموعات كُبرى تُدعى مَجَرَّات. وقد نشأت هذه المجموعات الهائلة كسُدُم ضخمة من الغاز مُباشرة بعد نشأة الكون. وعملت الجاذبية لاحقاً على تكتل الغاز في نُجوم مُنفصلة. والمَجَرَّات شاسعة جداً بحيث إن الضوء من نجم في جانب من مَجَرَّة يستغرق مئات آلاف السنين ليبلغ الجانب الآخر منها. وتكتسب المَجَرَّة شكلها المُميز تبعاً لنسق تراتب النُجوم في داخلها. فالشَّمْس تقع في مَجَرَّة حلزونية الشكل تُدعى دُرْب التَّبانة. وقد ظلَّ الفلكيُّون حتى بدايات هذا القرن يعتقدون أنَّ دُرْب التَّبانة هي المَجَرَّة الوحيدة في الكون؛ لكننا نعلم اليوم أنها في الواقع إحدى ١٠٠٠٠٠ مليون مَجَرَّة فيه.

## المَجَرَّات الأخرى

أثبت الفلكي الأمريكي إدوين هابل عام ١٩٢٤، وجود مَجَرَّات أخرى حين بين أنَّ النُجوم في سديم المرأة المُسلسلة (دُعي لاحقاً مَجَرَّة المرأة المُسلسلة) هي من السديم بحيث يستحيل انتمائها إلى مَجَرَّة دُرْب التَّبانة.



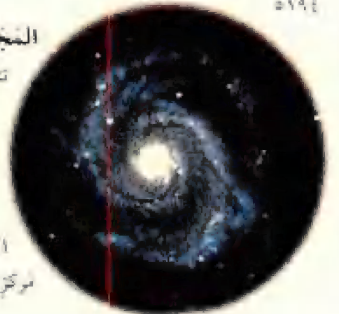
## عوالم بعيدة

منذ بدايات القرن العشرين، رصد الفلكيُّون وجدُّولوا عدداً كبيراً من الرُّقع الغريبة الغامضة في السماء أسَّوها سُدُمًا، وكان العديد منها قد شوهد منذ عدة قُرُون. واعتقد بعضهم أنها مَجَرَّد سُحُب سديمية من الغاز في دُرْب التَّبانة، في حين ارتأى آخرون أنها قد تكون مَجَرَّات بعيدة؛ وبالفعل هذا ما تبين فيما بعد. وقد دوَّس الفلكيُّ الأمريكي، إدوين هابل، تلك المَجَرَّات وصنَّفها حسب أشكالها إلى أربعة أصناف رئيسية - لولبية أو حلزونية (كدُرْب التَّبانة)، ولولبية عمودية، وإهليلجية، وغير منتظمة.

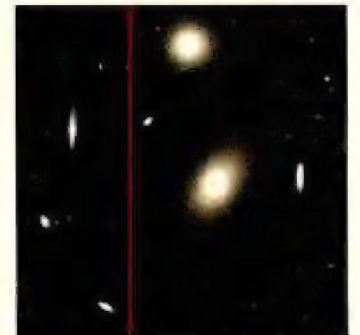
مَجَرَّة حلزونية ن ج س ٥١٩٤

## المَجَرَّات الحلزونية

تتألف المَجَرَّات الحلزونية من نُجوم قبيضة وحرمة، وهي قرصية الشكل ذات أذرع حلزونية. وفي المَجَرَّات اللولبية العمودية، تتفرع الأذرع من طرفي عمود غير مركَّز المَجَرَّة.



مَجَرَّة من خُطوط مَجَرَّات السُّبُلَة أقرب قُلو مَجَرَّتي رئيسي لمجموعتنا المحلية.



## الأفناء المَجَرَّية

تُترَق المَجَرَّات إلى التراصِّ معاً، فتتسرَّب غير الكون في خسوف (أو مجموعات) قُبُوتية. فَمَجَرَّة دُرْب التَّبانة مثلاً تقع ضمن خُطوط قُبُوتية تضمُّ حوالي ٣٠ مَجَرَّة تُدعى المجموعة المحلية. وقد تتألف أفناء أخرى من آلاف المَجَرَّات، أو قد تحتشد جماعات في أفناء عُظْمَى.



مُسورة بالراديو  
لشوارز ٣ سي ٢٧٣.  
وقد لُوحظ أنَّ قلبه (مركز) إلى اليسار) ولُيَّله (تحت إلى اليمين) تصدران قُوَّتان لا تتعاكس الأمواج الراديوية.



## الكُوَازارات (الكُوَازر)

عام ١٩٦٣، اكتشفت فئة جديدة من الأجرام - تُسمَّى الكُوَازارات. وهي أجسام شديدة النُّتْج نائية جداً، تسير مُبتعدة عنَّا بِسرعة هائلة. ولا يزال الكثير من أسرارها غامضاً؛ والسُّعْط حالي أنَّها قُلُوب مَجَرَّات قُبُوتية جداً.



مَجَرَّة إهليلجية مُطْرَما ٥٠٠ سنة ضوئية.



## المَجَرَّات غير المنتظمة

المَجَرَّات غير المنتظمة هي التي لم تتخذ شكلاً مُعيَّناً، وهي نادرة جداً في الكون.

٨٨٨ مَسْرُة غير منتظمة.



## دَرْبُ النِّبَّانَةِ

دَرْبُ النِّبَّانَةِ (أو الطريق اللبني) مَجَرَّةٌ حلزونيةٌ تتخسَّدُ في وسطها النُّجُومُ فتُكسِبُها أُنْفِاخًا مَرَكِزِيًّا تُشَعِّبُ مِنْهُ أَفْزَعٌ مِنَ النُّجُومِ. تتواجدُ منظومتنا الشَّمْسيَّةُ في ذراعٍ مِنْهَا. وَهَذَا يَعْنِي أَنَّنا، مِنْ نِصْفِ الْكُرَّةِ الْجَنُوبِيَّةِ لِلْأَرْضِ، نَواجِهُ مَرَكِزَ الْمَجَرَّةِ فِي حِينِ يُطَالَعُنا طَرَفُها مِنْ نِصْفِ الْكُرَّةِ الشَّمَالِيَّةِ. وَدَرْبُ النِّبَّانَةِ، كَسَائِرِ الْمَجَرَّاتِ، مُسْتَمِرَّةُ الْحَرَكَةِ لَيْسَ فَقَطْ كَمَجَرَّةٍ سَابِقَةٍ بِكَامِلِها فِي الْفَضَاءِ، بَلْ إِنَّ النُّجُومَ فِي دَاخِلِها أَيْضًا تَدُورُ بِاسْتِمْرَارٍ حَوْلَ مَرَكِزِ الْمَجَرَّةِ.

صورةٌ لِذَرْبِ النِّبَّانَةِ مِنْ  
مَوْقِعٍ فِي سِوِيَايَلَنْدا



كُلُّ النُّجُومِ الَّتِي نَرَاهَا  
فِي السَّمَاءِ لَيْلًا تَنْتَبِهُ إِلَى دَرْبِ

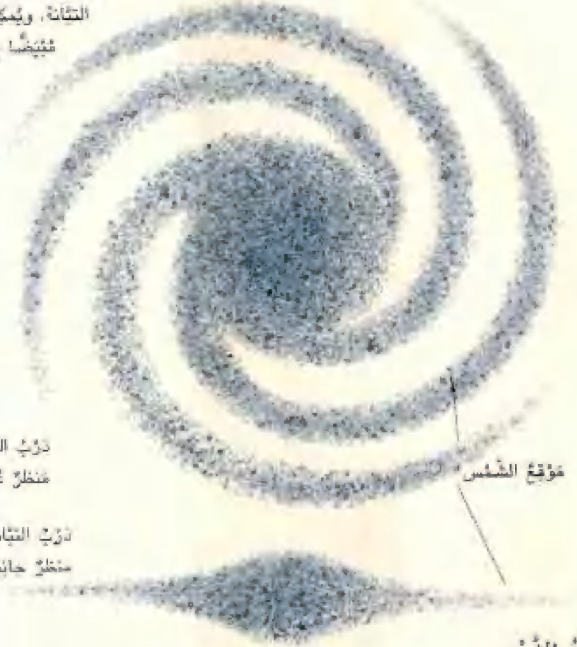
النِّبَّانَةِ، وَيُمْكِنُ أَنْ نَشَاهِدَهُ الطَّرِيقَ اللَّبْنِيَّ  
مُتَبَيِّنًا بِضَوْءِ مِلْيَارِيَةِ النُّجُومِ فِي الْمَجَرَّةِ.

### أَسْطُورَةُ دَرْبِ النِّبَّانَةِ

سُمِّيَتْ دَرْبُ النِّبَّانَةِ أَوِ الطَّرِيقُ اللَّبْنِيُّ كَذَلِكَ لِأَنَّهَا تُبْدُو، فِي سَمَاءِ اللَّيْلِ، كَنَاشِئِ اللَّبَنِ، فَمِنْ أَيَّامِ الْإِغْرِيقِ، قَبْلَ أَنْ يَتَعَرَّفَ النَّاسُ الْحَقَائِقَ الْفَلَكِيَّةَ عَنْ دَرْبِ النِّبَّانَةِ، عَزَتْ الْأَسَاطِيرُ نَشَأَتِها إِلَى قَبْلِ أَنْ يَلِدَ بَيْنَمَا كَانَ هِرَقْلُ الْفُطُلُ يَرْتَوِي مِنْ تَدْيِ الْإِلَهِاتِ هِيرَا.

لَا يَبْقَى النُّجُومُ فِي مَوْقِعٍ وَاحِدٍ  
دَاخِلَ الْمَجَرَّةِ، فَهِيَ، عَلَى مَدَى  
فُتُورٍ زَمَنِيَّةٍ طَوِيلَةٍ، تَتَنَقَّلُ دَاخِلَ  
وَخَارِجِ الْأَفْزَعِ الْحَلِزُونِيَّةِ.

يَسْتَعْرِقُ الشَّعَاعُ الضَّوئِيُّ  
١٠٠٠٠٠ سَنَةً لِيَتَجَرَّ مِنْ أَحَدِ  
جَوَانِبِ الْمَجَرَّةِ إِلَى الْجَانِبِ الْآخَرِ.



مَوْقِعُ الشَّمْسِ

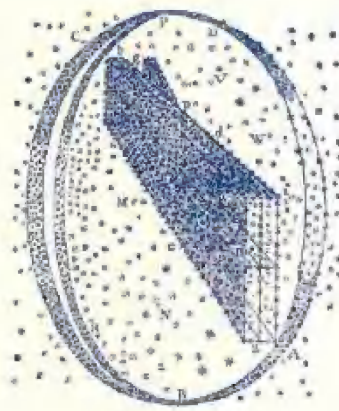
تَسْتَعْرِقُ  
الشَّمْسُ حِوَالِي  
٢٢٠ مِلْيُونِ  
سَنَةً لِيَتَكَمَّلَ  
دَوْرَةُ وَاحِدَةٍ  
حَوْلَ مَرَكِزِ  
الْمَجَرَّةِ.

دَرْبُ النِّبَّانَةِ -  
مَنْظَرٌ غُلُوقِيٌّ

دَرْبُ النِّبَّانَةِ -  
مَنْظَرٌ جَانِبِيٌّ

### نَمُودَجُ هِرْمِل

فِي الْقَرْنِ الثَّامِنِ عَشَرَ أُجْرِى الْفَلَكِيُّ  
الْبَرِيطَانِيّ - وَاسْمُ هِرْمِل (١٧٣٨-١٨٢٢)،  
مَسْحًا لِلنُّجُومِ فِي دَرْبِ النِّبَّانَةِ - حَيْثُ  
يُمْكِنُ بِالْعَيْنِ الشَّحْرِفَةُ رُؤْيَا قُرَابَةً ٢٠٠٠  
نَجْمٍ، أَمَّا بِوَسْطَةِ التَّلِسْكَوبِ فَيُمْكِنُ رُؤْيَا  
عِدَّةٍ مِلْيَارِيَّةٍ مِنَ النُّجُومِ - بِمَا يَقُوقُ إِمْكَانِيَّةَ  
الْعَدِّ. وَقَدْ قَامَ هِرْمِلُ بِإِحْصَاءِ النُّجُومِ فِي  
مَاطِقٍ مُعَيَّنَةٍ، ثُمَّ عَشَّمَ مُعَدَّلَاتِها عَلَى  
الْمَجَرَّةِ بِكَامِلِها فَخَلَقَ بِذَلِكَ نَمُودَجًا دَقِيقًا  
تَوَعَّا لِذَرْبِ النِّبَّانَةِ. وَكَانَ بِمَا أَرْتَأَى هِرْمِلُ  
أَيْضًا أَنَّ بَعْضَ الشُّدْمِ قَدْ تَكُونُ مَظْهَرَاتُ  
نَحْبِيَّةٍ خَارِجَ مَجَرَّاتِنَا، وَهَذَا مَا تَبَيَّنَتْ  
صِحَّتُهُ بَعْدَ أَكْثَرِ مِنْ قَرْنٍ.



صُورَةٌ بِالْأَشْفَةِ نَوَاجِذِ الْحَمَاءِ لِمَجَرَّةِ  
الْمَرَاةِ السُّلْسَلَةِ، هَذِهِ الْأَشْفَةُ تَسْتَعْرِقُ  
٢,٢ مِلْيُونِ سَنَةً لِيَتَلَقَّ الْأَرْضَ.

نَمُودَجٌ وَلَيْمٌ  
هِرْمِلُ لِلنُّجُومِ  
دَرْبِ النِّبَّانَةِ

### مَوْقِعُ الشَّمْسِ

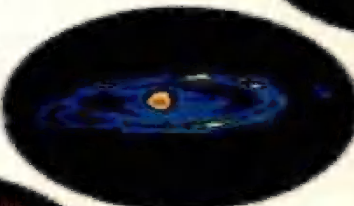
تَقَعُ الشَّمْسُ فِي إِحْدَى الْأَفْزَعِ الْحَلِزُونِيَّةِ لِذَرْبِ النِّبَّانَةِ، عَلَى قُرَابَةِ ثُلَاثِي الْمَسَافَةِ مِنْ  
مَرَكِزِها، وَهِيَ مَجَرَّةٌ نَجْمٌ وَاحِدٌ مِنْ حِوَالِي ٥٠٠٠٠٠ مِلْيُونِ نَجْمٍ تَوَلَّدَتْ الْمَجَرَّةُ.  
وَتَرْتَجِدُ النُّجُومَ أَيْضًا مَا بَيْنَ الْأَفْزَعِ الْحَلِزُونِيَّةِ، لَكِنْ نَجُومُ الْأَفْزَعِ الْأَقْصَى وَالْأَكْثَرُ  
تَأَلَّفًا هِيَ الَّتِي تُكْسِبُ الْمَجَرَّةَ شَكْلَها الْمُسْتَمِرَّ.

صُورَةٌ لِلضَّوْءِ الْمُنْطَلِقِ  
مِنْ مَجَرَّةِ الْمَرَاةِ  
السُّلْسَلَةِ (٢٠٠٠)، الَّتِي  
هِيَ أَقْرَبُ الْمَجَرَّاتِ  
الرَّاسِمِيَّةِ إِلَى خُرُوجِنَا.



### مُعَايِنَةُ الْمَجَرَّاتِ

لِلْحَصُولِ عَلَى صُورَةٍ أَكْثَرُ وَضُوحًا وَاكْتِمَالًا عَنْ  
الْكُوزِ يُعَدُّ الْفَلَكِيُّونَ إِلَى تَجْمِيعِ أَنْمَاطٍ أُخْرَى مِنْ  
إِشْعَاعَاتِهِ إِضَافَةً إِلَى الضَّوْءِ. فَالْمَاجِطُ بِالْأَشْفَةِ  
السَّيِّئَةِ (أَشْفَةُ إِكْس) مَثَلًا، تُكثِّفُ مَاطِقَ الْفَاعَلِيَّةِ  
النَّشِيطَةِ الشَّدِيدَةِ الْحَرَارَةِ. وَتُظْهِرُ الْمَاجِطُ بِأَتَمَّةٍ  
جِدَامًا مَاطِقَ أَتْطِلِقُ الطَّاقَةَ بِالتَّضَاعُفَاتِ الثَّرَوِيَّةِ.  
كَمَا يُمْكِنُ بِالْأَطْوَالِ التَّوَجُّهِ الْأُخْرَى تَحْدِيدُ  
مَاطِقَ تَرْتَفِّ غَازِ الْهَيْدْرُوجِينِ بَيْنَ النُّجُومِ، وَكَذَلِكَ  
مَاطِقَ الْغَازِ الْبَارِدِ.



صُورَةٌ بِالْأَشْفَةِ السَّيِّئَةِ لِمَجَرَّةِ  
الْمَرَاةِ السُّلْسَلَةِ. قَلْبُ الْمَجَرَّةِ هُوَ  
الْمِغْلَقَةُ الْمُتَالِفَةُ فِي الْمَرَكِزِ (الْجِزْءِ)  
الَّتِي يُطْلِقُ شَعَطَها هَذِهِ الْأَشْفَةُ.



### لِمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

الْكُوزِ مِنْ ٢٧٤ - النُّجُومِ مِنْ ٢٧٨  
دَوْرَةُ حَيَاةِ النُّجُومِ مِنْ ٢٨٠  
الْكُوكَبَاتِ (الْأَبْرَاجِ) مِنْ ٢٨٢  
الشَّمْسُ مِنْ ٢٨٤  
أَرَانُوسُ مِنْ ٢٩٢  
تِلِسْكَوبَاتُ الْفَضَاءِ مِنْ ٢٩٨



# النُّجُوم

كُلُّ نجم من النُّجُوم التي نراها في سماء الليل هو في الحقيقة كُرَّة هائلة مَدَّوْمَة من الغاز المُضَيء الشديد الحرارة. وتتماسك غازات النجم بفعل الجاذبيَّة، كما إنَّ مصدر طاقة النُّجُوم هو «استعاره» تلك الغازات في تفاعل لا يُشَبَّه استيعار الفحم بل هو تفاعل أشدَّ فاعليَّة وكِفاية يُعرَف بالاندماج النووي. إنَّ كميَّة الغاز التي يتألَّف النجم منها مهمَّة جدًّا، إذ إنَّها تُحدِّد جاذبيَّته ودرجته حرارته وضغطه وكثافته وحجمه. وتتواجد النُّجُوم في مجرَّات تحوي الواحدة منها آلاف ملايين النُّجُوم من أصناف مُختلفة. ولم يبدأ الفلكيُّون في تفهِّم طبيعة النُّجُوم حقًّا إلا خلال هذا القرن؛ وكان اهتمامهم قبلاً منصَّباً على مواقعها.

## أطياف النُّجُوم

يُستخدَم الفلكيُّون مُعدَّات خاصَّة تُجَمِّع ضوء النجم ثمَّ تُفرِّقه إلى طيف. ويتضمَّن طيف النجم خطوطاً مُظلمة، تُدعى خطوط الامتصاص، تُبيِّن العناصر المتواجدة في ذلك النجم. ولقد ضلَّعت الفلكيَّة الأمريكيَّة، آني جنِب كاتون وآخرون، أطياف آلاف النُّجُوم في أنماط مُختلفة رُسموا كُلُّ نَطيء منها بحرف ألفبائيٍّ، ثمَّ أُعيد ترتيبها بحسب درجة الحرارة السطحيَّة فيها. والأنماط الرئيسيَّة من الأشكال الأتتد هي «O»، «B»، «A»، «F»، «G»، «K»، و «M».

الفجوات، أو خطوط الامتصاص، في الطيف تُبيِّن أنماط الضوء التي امتصَّها النجم. وهذا يُحدِّد أنواع العناصر التي يتألَّف منها النجم.

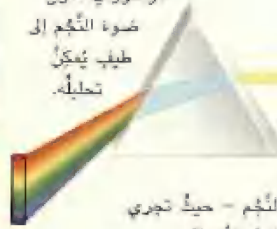
يشعُرُ النجم القريب عن خُلفيَّة من النُّجُوم الأبعد كثيراً، وكلُّما رآه نُجمكُ كان، بالضرورة، أقرب إلى الأرض.



## اختلاف المنظَر

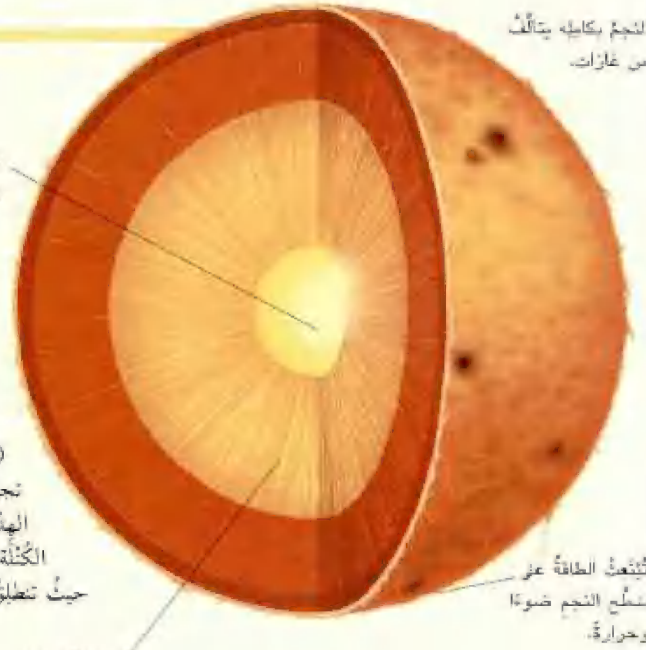
صَغُ اصْبعك أمامك. وانظر إليها أولاً بعينك اليسرى فقط، ثمَّ بعينك اليمنى فقط؛ فسَيجدُ أنَّ اصْبعك انزاحت من موقعها بالنسبة للخُلفيَّة ورائها. ويردُّ هذا الانزياح كُلُّما كانت الإصبع أقرب إليك. وهكذا يُتخذ الانزياح قياساً نوعياً للمسافة بين الأصبع والعين. هذه الظاهرة، المعروفة بالتحليل المنظري، يُمكن استخدامها على نطاقٍ أعظم كثيراً لإحْساب أبعاد النُّجُوم القريبة. وحيثُ إنَّ الأرض تدورُ في مدارها حول الشمس، فسيبدو النجم وكأنَّه يتحرَّك ببطء على خُلفيَّة من النُّجُوم الأبعد كثيراً. وقياس زاوية اختلاف المنظَر الحاصلة يُمكنُ تقدير المسافة بين النجم والأرض.

تحتوي أجهزة دراسة الطيف، كالطيفات مثلاً، عوْشورات تُقَدِّم ضوء النجم إلى طيف يُمكن تحليله.



تشدُّ الجاذبيَّة الغازات إلى الداخل، فيما يردِّفها الضوء والضغط إلى الخارج. تُرادُّ درجة حرارة النجم وكثافته في اتجاه مُركِّزه.

النجم بكامله يتألَّف من غازات.



## داخل النجم

مُعظَّم النُّجُوم، كالشمس، تتألَّف بكاملها تقريباً من غازين هما الهيدروجين والهيليوم، بالإضافة إلى كميات ضئيلة جدًّا من عناصر أخرى. وينضغط الغازان بشدَّة هائلة في قلب النجم (مُركِّزه) الذي يُصبح كثيفاً جدًّا وحارًّا جدًّا - بحيثُ تجري فيه تفاعلات الاندماج النووي. فتُشجَّد ذرات الهيدروجين لِتُشجِّع الهيليوم، فيما تُنتج طاقة هائلة بمقدِّد الكُتلة. وتنتقل هذه الطاقة من القلب إلى سطح النجم حيثُ تطلُّع ضوءاً وحرارة.

الطاقة المُنتجة من القلب تنتقل عبر النجم بالخلل والإشعاع.

يُؤخذُ قياسُ بُوْقع النجم عندما تكون الأرض هنا.



## سبيليَّا باين چاپوشكين

في القرن التاسع عشر، بيَّن الفلكي الإنكليزي، وليَم هيجنز، أنَّ النُّجُوم تتألَّف من العناصر نفسها التي تتألَّف منها الأرض. لكن في العشرينيّات من القرن العشرين برهنت الفلكيَّة البريطانيَّة، سبيليَّا باين چاپوشكين (١٩٠٠-١٩٧٩)، أنَّ النُّجُوم تتألَّف في مُعظيها من الهيدروجين. كما اكتشفت أيضاً أنَّ تركيب مُعظَّم النُّجُوم مُشابه. وكانت هذه اكتشافات عظيمة جعلتها رائدة في مجال الفيزياء الفلكيَّة النجميَّة (علم ودراسة العمليات الطبيعيَّة والكيميائيَّة في النُّجُوم).





## نُجُومُ المَتَوَالِيَةِ الرَّئِيسِيَّةِ

النُّجُومُ في أعلى المَتَوَالِيَةِ الرَّئِيسِيَّةِ كُتْلَةُ الواحدِ منها أَكْثَرُ من كُتْلَةِ الشَّمْسِ ٦٠ شَوَّهًا، أَمَّا تِلْكَ الَّتِي فِي اسْفَلِهَا فَكُتْلَةُ النِّجْمِ مِنْهَا  $\frac{1}{10}$  من كُتْلَةِ الشَّمْسِ لَفَقَط.

هَذَا النُّجْمُ الْاَبْيَضُ الْمُرْدَقِيُّ هُوَ مِنْ النِّمَطِ بِي «B»، حَيْثُ تَبْلُغُ دَرَجَةُ الْحَرَارَةِ حَوْلَى ٣٠٠٠٠°س.

النُّجْمُ الْبَيْضُ هُوَ مِنَ النِّمَطِ إِي «A»، حَيْثُ تَبْلُغُ دَرَجَةُ الْحَرَارَةِ حَوْلَى ١٠٠٠٠°س.

### قِيَمَةُ عَلِيَّةِ المَحْوَرَاتِ

يَبْدُو مَعْظَمُ النُّجُومِ كَنَبَاطٍ تَبَرُّهَ قَبْضَةٍ فِي سَمَاءِ الْأَرْضِ، لَكِنْ يُعْكَثَرُ رَوِيَّةُ الْوَلَوْنِ الْحَقِيقِيِّ لِبَعْضِ النُّجُومِ. هَذِهِ الْمَجْمُوعَةُ الشَّائِلَةُ الْمُتَعَلِّقَةُ بِالْأَلْوَانِ تُسَمَّى قِيَمَةُ عَلِيَّةِ المَحْوَرَاتِ.

هَذَا النُّجْمُ الْاَبْيَضُ الْمُرْدَقِيُّ هُوَ مِنَ النِّمَطِ إِي «B»، حَيْثُ تَبْلُغُ دَرَجَةُ الْحَرَارَةِ حَوْلَى ٣٠٠٠٠°س.

هَذَا النُّجْمُ الْاَصْفَرُ يُشْبِهُ شَمْسَنَا - وَهُوَ نَجْمٌ مِنَ النِّمَطِ جِي، وَتَبْلُغُ دَرَجَةُ حَرَارَتِهِ حَوْلَى ٦٠٠٠°س.

هَذَا النُّجْمُ الْبُرْتَقَالِيُّ هُوَ مِنَ النِّمَطِ كِي، وَتَبْلُغُ دَرَجَةُ حَرَارَتِهِ حَوْلَى ٤٧٠٠°س.

هَذَا النُّجْمُ الصَّغِيرُ جِدًّا هُوَ قَرْنٌ لَحْمِي خَافِتٌ بَارِدٌ نَوْعًا مِنَ النِّمَطِ إم، وَتَبْلُغُ دَرَجَةُ حَرَارَتِهِ حَوْلَى ٣٠٠٠°س.



الزَّمَن ← هَذَا الْمَخْطُوطُ يُبَيِّنُ تَغْيِيرَ نُصُوعِ نَجْمٍ قِيَمَاوِيٍّ مَعَ الزَّمَن.

### النُّجُومُ الْمُتَغَيِّرَةُ

بَعْضُ النُّجُومِ يَتَغَيَّرُ نُصُوعُهَا، وَهَذِهِ النُّجُومُ مُخْتَلِفَةٌ الْأَصْنَافِ. بَعْضُهَا، مِثْلًا، الشَّمْسَاءُ نَجُومُ الْفِيثَارَةِ «أَرَاك» يَتَغَيَّرُ نُصُوعُهَا فِي أَقَلِّ مِنْ يَوْمٍ. يَمِينًا أُخَرُ مِنَ النُّجُومِ الْقِيَمَاوِيَّةِ تُسْتَعْرَفُ مَا بَيْنَ الْيَوْمِ وَالْمَتَى يَوْمَ لِيَتَغَيَّرَ. وَهَذَا نَجُومٌ أُخَرَى، تُدْعَى مُتَغَيِّرَاتٍ مِيرَا، فَهِيَ تَسْتَعْرَفُ حَتَّى السَّنَتَيْنِ لِتُكْمِلَ دَوْرَةَ تَغْيِيرِهَا. وَجَدِيرٌ بِالذِّكْرِ أَنَّ تَغْيِيرَ نُصُوعِ النُّجُومِ الْقِيَمَاوِيَّةِ عَائِدٌ إِلَى تَغْيِيرٍ فِي طَبَقَتِهَا - حِجْمًا وَدَرَجَةَ حَرَارَةٍ. فَهِيَ تَبْعَثُ ضَوْئًا أَكْثَرًا مِنْ حَالِ تَبَدُّدِهَا، وَأَخْفَتُ فِي حَالِ تَقَلُّصِهَا. وَالنُّجُومُ لَا تَسْلُكُ هَكَذَا دَائِمًا - إِنَّمَا هُوَ السَّلُوكُ الطَّبِيعِيُّ لِلنَّجْمِ عَادِيٍّ يَتَغَيَّرُ بِمَرَحِلَةِ الْإِسْتِقْرَارِ فِي أَوَائِرِ حَيَاتِهِ!

### لِمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

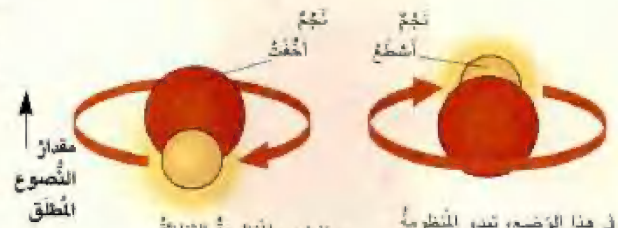
- الطَّاقَةُ التَّوَلُّدِيَّةُ ص ١٣٦
- مَصَابِرُ النُّصُوعِ ص ١٩٣
- الانكسار ص ١٩٦
- المُخَرَّجَاتُ ص ٢٧٦
- دَوْرَةُ حَيَاةِ النُّجُومِ ص ٢٨٠
- الشَّمْسُ ص ٢٨٤
- حَقَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤١٨

الْمَعَالِفَةُ الرَّزْقُ لِنُجُومٍ سَاطِعَةٍ جِدًّا وَحَادَّةٍ جِدًّا، وَهِيَ مِنَ النِّمَطِ أَوْ «O» حَيْثُ تَبْلُغُ دَرَجَةُ الْحَرَارَةِ حَوْلَى ٣٥٠٠٠°س.

الْأَنْمَاطُ الطَّبِيعِيَّةُ النُّجُومِيَّةُ أَوْ، بِي، إِي، إف، جِي، كِي، إم (فِيمَا سَمَّيْنَا لِأَحَدٍ تَصْنِيفَ هَارْشَد) تَأْتِي عِلَاقَةً بِالزَّمَنِ وَدَرَجَةِ حَرَارَتِهِ. فَالْنُّجُومُ تَأْتِي النِّمَطِ أَوْ رُزْقِي حَادَّةً، وَالنُّجُومُ تَأْتِي النِّمَطِ إم حَادَّةً وَخَفِيفَةً حَرَارَةً.

## نُجُومُ المَتَوَالِيَةِ الرَّئِيسِيَّةِ

لَوْ أَنَّ النُّجُومَ يُعْطَى فِكْرَةٌ عَنْ دَرَجَةِ حَرَارَتِهِ السَّطَحِيَّةِ فَالْنُّجُومُ الرَّزْقِي حَادَّةٌ وَالنُّجُومُ الْخَمْرُ أَيْدٍ نَوْعًا. وَإِذَا مَا زَيْمٌ خَطٌّ يَبَانِي لِدَرَجَاتِ الْحَرَارَةِ فِي مُقَابِلِ النُّصُوعِ الْمَطْلُوقِ لِلنُّجُومِ، فَإِنَّ مَعْظَمَ النُّجُومِ تَقَعُ دَاخِلَ نِطَاقٍ ضَيِّقٍ يُسَمَّى المَتَوَالِيَةِ الرَّئِيسِيَّةِ - أَيْ إِنَّهُ كُلَّمَا أَزْدَادَتْ حَرَارَةُ النِّجْمِ إِزْدَادَ نُصُوعُهُ. إِنَّ جَمِيعَ النُّجُومِ فِي المَتَوَالِيَةِ الرَّئِيسِيَّةِ هِيَ فِي فِتْرَةٍ مُسْتَقَرَّةٍ مِنْ حَيَاتِهَا - أَيْ إِنَّ إِشْعَاعَهَا مُطَرَّدٌ مُسْتَمِرٌّ لِأَنَّ تَفَاعُلَاتِ أَنْدِمَاجِ الْهَيْدُرُوجِينِ فِي قُلُوبِهَا مُسْتَمِرَّةٌ. لَكِنْ عِنْدَمَا يُسْتَعَدُّ الْوَلُودُ الْهَيْدُرُوجِينِي فَإِنَّ النُّجُومَ يُعَادِرُ المَتَوَالِيَةَ الرَّئِيسِيَّةَ. وَبِلَاخَظْ أَنَّ النُّجُومَ الْأَعْظَمَ كُتْلَةً تُعَادِرُ المَتَوَالِيَةَ بِسُرْعَةٍ أَكْثَرَ مِنَ الْأَقْلَى كُتْلَةً.



فِي هَذَا الْوَضْعِ، يَبْدُو الْمَنْظُومَةُ الثَّنَائِيَّةُ، مِنَ الْأَرْضِ، خَافِتَةً لِأَنَّ النِّجْمَ الْأَخْفَتَ يَحْبُطُ النِّجْمَ الْأَسْطَعُ.

هَذَا يَبْدُو الْمَنْظُومَةُ الثَّنَائِيَّةُ، مِنَ الْأَرْضِ، سَاطِعَةً لِأَنَّ النِّجْمَ الْأَسْطَعُ يَلْقَى أَمَامَ النِّجْمِ الْأَخْفَتِ.

### الثَّنَائِيَّاتُ الْكُسُوفِيَّةُ

يَتَنَمَّى قُرَابَةٌ يَصِفُ النُّجُومَ فِي الْكُونِ إِلَى نِظَامِ الثَّنَائِيَّاتِ حَيْثُ يَدُورُ نَجْمَانِ الْمَنْظُومَةِ الثَّنَائِيَّةِ وَاحِدُهُمَا حَوْلَ الْآخَرِ. وَقَدْ يَكُونُ النِّجْمَانِ مُتَقَارِبَيْنِ بِحَبْثٍ يَكَادَانِ بِمِثَالَيْنِ، أَوْ مُتَبَاعِدَيْنِ تَفَصُّلُهُمَا مِثَالَيْنِ الْكِيلُومِتَرَاتِ. وَبِكُنْهَاتِ كَثَفَتِ الْمَنْظُومَاتِ الثَّنَائِيَّةِ بِطُرُقٍ مُخْتَلِفَةٍ. فَإِذَا تَسَكَّنَا مِنْ رُؤْيَا الْمَنْظُومَةِ الثَّنَائِيَّةِ جَانِبًا مِنَ الْأَرْضِ، نَلْخِظُ بَوُضُوحٍ تَغْيِيرَاتِ النُّصُوعِ كُلَّمَا مَرَّ أَحَدُ النِّجْمَيْنِ دَوْرِيًّا أَمَامَ الْآخَرِ حَاجِبًا نُورَهُ كُلِّيًّا أَوْ جُزْئِيًّا. هَذِهِ الثَّنَائِيَّاتُ تُسَمَّى الثَّنَائِيَّاتِ الْكُسُوفِيَّةِ.



# دورة حياة النجوم

لا شيء في الكون يبقى إلى الأبد على حاله، ولا تستثنى من ذلك النجوم. لكن لا يمكننا رؤية نجم يتغير، لأنه يُعَمَّرُ بلايين وبلايين السنين. إنَّ منشأ النجوم كُلُّها هو سحب الغاز والغبار التي كانت قد تَكَوَّنتْ بِطَءٍ من الذرات المُتَنَاقِرة بِضَالَّةٍ في الفضاء. وهي تُؤَلِّدُ جماعات، يتفرَّقُ مُعْظَمُها، ويبقى بعضها الآخر مُتَّصِماً بفعل الجاذبية. ويعتمدُ تالي حياة النجم على عَظَمِ كتلته، فكلَّما ازدادت كُتْلته ازدادت سُرْعَةُ استهلاكه لِوَقُوده الهيدروجيني، وغدَّتْ حياته أَقْصَرَ وأَعْصَفَ. بعض النجوم تبلغُ من عَظَمِ الكُتْلَةِ بحيثُ سُرْعَانِ ما تَتَفَجَّرُ؛ لكنَّ غالبيتها، كما سَمُسْنَا، تُعَمُّ بِقِطْرَةِ استِقْرارٍ من حياتها تَسْطَعُ فيها بِأَطْرافٍ مُسْتَوِرة.

## مراحل في حياة النجم

بدأت الشمس حياتها ضمن مجموعة من النجوم، لكنها الآن نجم مُستَقِلٌّ بذاته. وتُمَثِّلُ الطُّورُ المُرَفَّعةُ مَراحِلَ حياة الشمس منذ نشأت كنجم بُدَائِيٍّ من سُدمٍ غازيةٍ إلى حاضِرها اليوم كنجمٍ ساطعٍ مُستَقَرٍّ ثُمَّ اِستِمراراً إلى احْتِصَارِها مُستَقْبَلاً كَنَجمٍ أَيْضَ. إنَّ النجومَ الأعْظَمَ كُتْلَةً من الشمس والأشدُّ حُمُوراً تُسْتَفِيدُ وَقُودَها بِسُرْعَةٍ أَكْثَرٍ كَثِيراً، لِذا فهي لا تُقْضِي إلا جُزْءاً ضئيلاً نسبياً كنجمٍ ساطعٍ مُستَقَرٍّ.

نجم بدائي

نجم من سُدَمٍ نجوم كوكبية الثور «ت»

سديم

تولَّدَ النجوم الجديدة من سُحبِ الغاز والغبار مُستَقَرَّةً على الدوام.

تتقلَّصُ أجزاءٌ من السديم بفعل الجاذبية؛ ويُصْبِغُ كُلُّ جُزْءٍ أَشدَّ كِثَافَةً في مَركِزِهِ، حيثُ تُعْتَبِثُ الحِراةُ، لِئَكونَ نجماً بُدَائِيّاً.

عندما تَبْلُغُ حِراةُ النجم البُدائِيِّ حَدّاً كَافِياً، تبدأ فيه تَفَاعُلَاتُ الاندِماجِ النُويِّ، وتُتَبَعَثُ الطاقةُ، ويَبتَدِءُ النجمُ نَمُوَ نجومِ التورس-المتغيرة، فيما تَتَنَاقَرُ بِقِيَّةِ السديم.

شدة الجاذبية

ذرات الهيدروجين في

الشمس نحو المركز حيث

تتصادم وتتجمع لتكوّن الهليوم -

تُنتَجَةُ طاقة عظيمة، فيما يَبْقَى ضَعْفُ

المركز النجم مُتَمَدِّداً. وهذه هي الفَترَةُ المُستَقَرَّةُ من حياة

النجم حين يُصَلِّفُ بَينَ نجومِ المُتَوَالِيَةِ الرَّئيسية.

النجم

المتوالية الرئيسية

يبدأ شطوط النجم وحيثما تكثر كثافة وحُمُور.

تَلْغِي نَجمُ كَالشَّمْسِ مُدَّةَ ١٠ بلايين سنة كنجم من نجوم المُتَوَالِيَةِ الرَّئيسية. وتُغَدُّ الشَّمْسُ الآنُ في مُنْتَصَفِ حياتها في هذه المُتَوَالِيَةِ.

## أفناء النجوم

تَحْتَسِدُ دَاحِلُ مَجَرَّةٍ قَرِيبِ الثَّانَةِ أَفْئَةَ نَجمية - عَلِمْنَا أَنَّ نَجمَ كُلِّ فَتْرَةٍ تَنشَأُ من سَحَابَةٍ وَاحِدَةٍ - أَتَى إِنَّ عُمْرَها وَاحِدٌ وَتَركِيبُها الأَوَّلِيّ مُشَابِهُ. هَناكَ نَطاقانِ من الأفناء - المُبَعَّرَةُ والكُرَوِيَّةُ - يَضمُّ الفَتْرَةُ المُتَعَرِّقُ يَضعُ مَنابِ من النجوم العُشْوائِيَّةِ التَرتِيبِ، وتَواجِدُ هذه الأفناء في الأجزاء الخَارجِيَّةِ (الْفَرْصِي المُسَطَّح) من مَجَرَّتِنا. أَمَّا الأفناء الكُرَوِيَّةُ فَتَحوي الفَتْرَةَ مِنها مَنابِ الأَلاَفِ من النجوم البالغة القَدَمِ في سَنَةِ كُرَوِيَّةٍ، وتَواجِدُ هذه الأفناء في الكُرَّةِ الصَغيرة حَولَ مَركِزِ مَجَرَّتِنا.

- أفناء (خُضْط) مُنْتَشِرة من النجوم الناشئة
- أفناء من النجوم المُتَوَشَّطَةُ العُفْر
- أفناء كُرَوِيَّة من النجوم القديمة

قَدَمُ نَجومِ الدُّرَاةِ

## فَتْرَةُ مُبَعَّر

الدُّرَاةُ فَتْرَةُ مُبَعَّرَةٍ من النجوم الفَتِيَّةِ (والفَتِيَّةُ في مُصْطَلَحاتِ النجوم تعني أَنَّ عُمُرَها حَوالِي ٦٠ مِليُونِ سَنَةٍ) تَتَنَبَّزُ على قَدَمِ ٣٠ سَنَةٍ صَوبَةَ الفِضاءِ. يَبدو فَتْرَةُ الدُّرَاةِ لِلعَينِ المُتَعَرِّدة كَقِطْعَةٍ خَويَّةٍ حَبياتٍ تَبَرُّزُ مِن بَينِها سَبعَةُ نَجومٍ تَبرِّدة؛ أَمَّا بِرَاسِطَةِ يَفرَاقٍ قَويٍّ فَيَبيِّنُنا مُشَاهِدَةً أَجْرامٍ أَكْثَرُ بِكْثَرٍ من نَجومِ الطَّابِقةِ إلى الرُّفَّةِ، إِضافةً إلى سُحبِ الغازِ والغبارِ التي تَغلُغَتْ فيها تلكَ النَجومِ.

## فَتْرَةُ كُرَوِيَّة

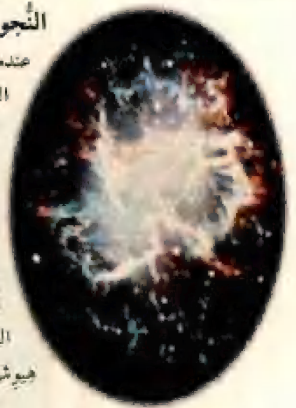
تَتَأَلَّفُ الأفناء الكُرَوِيَّةُ من نَجومٍ بِالغَاةِ القَدَمِ يَتَنَبَّذُ أَنَّها تَنشَأُ في الرُّقْعِ نَفسِهِ كَالْمَجَرَّاتِ التي تَحتَويها. لِذا يُمكنُ أَنَّ تُؤَفِّرُ هذه الأفناء الكُرَوِيَّةُ مَعلُومَاتٍ عن مَراحِلِ الحِياةِ الأَوَّلِي لِذُرُوبِ الثَّانَةِ قَدَمُ نَجومِ الطُّوفانِ ٤٧ هَذا، يَرى بِالعَينِ المُتَعَرِّدة من بَصفِ الكُرَّةِ الجَنُوبِي لِالأَرضِ.

فَتْرَةُ نَجومِ الطُّوفانِ ٤٧



## النجوم النيوترونية

عندما ينكمش نجم، كتلته بين 1.4 و 3 مرات كتلة الشمس، يُخَلَّف وراءه قَلْبٌ يُدعى نجماً نيوترونياً. ويبلغ عُنفَ التَّكْمُصِ حَدّاً يجعلُ إلكترونات الذرات تندمج مع بروتوناتها لتكوّن نيوترونات؛ وتُترَاصُ مادةُ النجم كُلُّها في كُرّة كثافتها تفوقُ التصوّر، يبلغُ قطرها حوالي 10 كم، تنبعثُ طاقةٌ عظيمة. والبَلسارُ هو نجمٌ نيوتروني يُدَوِّمُ بِسُرعةٍ مُبتَغاةً نبضاتٍ ضوئيةً نحو الأرض (كالمِخْمارَةِ). وكانَ الفلكيَّانَ البريطانيَّانِ، جوسلين بَرِلِل وأنطوني هيويس أوّلَ مَنْ اكتشَفَ البَلسارات عام 1967.



في العام ١٩٥٤، سجّلَ الشَّيْنُونُ ظهورَ نجم، مثلاً يُدعى اليوم مُتَجِدِّداً أعظم، كان من شِدَّةِ السَّلْطِوعِ بحيثُ يُرى في ضوء النهار، وتُشاهدُ بقايا تَفْجُرُ هذا النجم حالاً في سديم السرطان، وقد غداَ قَلْبُهُ بَلساراً يُدَوِّمُ 30 دُرّةً في الثانية.

نجم  
قيفاوي

نجم  
عِلاق  
أحمر

تبدأ في  
الهَيُومِ المُتَقَيِّ  
تفاعلات الاندماج  
النووي مُكوّنة  
الكربون، ويُدعى  
النجم حينئذٍ  
نَجْمًا قَيْفاوياً،  
وهو يتقلّصُ  
ويتشدّدُ  
باستمرارٍ لافقاً  
الطبقات الخارجية  
من المادة فيه.

يزدادُ سَلْطُوعُ النجم  
المُتَفَجِّرِ ملايين المرات على  
مدى أسابيع وأشهُر، فيبدو  
مُتَالِفاً في السماء كنجم مُتَجِدِّدٍ أعظم.

جاذبيّةُ الثَّقَلِ الأسود الهائلُ تُشْجِبُ

إلى داخله سوادٌ من نجم  
تجاوَر. وهذا يجعلُ  
اكتشافَ الثَّقَلِ مُمَكِّناً.  
فالمرادُ المُرْسُمةُ أثناء  
دُخُولِها الثَّقَلِ تُصَيِّغُ  
حارّةً جَدّاً، وتنبعثُ  
أشعّةٌ سَينِيَّةٌ يُمكنُ كشفُها.

استلَفَ الهُذْرُوجِيّ، لَكُرٌّ حارّةُ المِرْكَزِ  
الأزْ هي من الشِدَّةِ بحيثُ يتقدّمُ  
النجم - بينما يَبْزُدُ سطحُهُ مُتَخَوِّلاً إلى  
نجمٍ أحمر يُدعى عِلاقاً أحمر.

## الثقوب السوداء

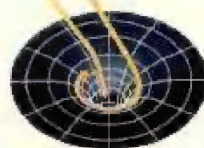
تُعْزِي النَجْمُ الذي تَبْزُدُ كُتْلُهُ على ثلاثة  
أضعافِ كُتْلَةِ الشَّمْسِ أحداثاً غريبة،  
ففي نهاية حياته، يَتَقَمَّصُ النجمُ  
مُطْرَاحاً أَكْثَرَ فَاكْثَرَ وتُزايِدُ  
كثافته أَكْثَرَ فَاكْثَرَ حتّى لا  
يستطيع الإفلات من جاذبيّته  
شيءٌ حتّى الضوء. وهكذا يصيغُ  
ثَقْباً أسوداً ذا مُرْدَوِيَّةٍ (نُقطَةٍ لا مُنتاهية  
الكثافة) في مِرْكَزِهِ.

يُحتَهِ الضوء بِقَدَرٍ كَبِيرٍ حَوْلَ الثَّقَلِ  
الأسود - فلا يستطيع الإفلات.

الأجسامُ الماديّةُ تُقَوِّسُ الفضاءَ حَسَبَ نظريّةِ  
النَّسْبِيَّةِ العامّة. ولو كانَ الجِسْمُ الماديُّ الكونيُّ  
هائلاً الكثافة (بِأَرْضٍ كَمِيَّةٍ كَبِيرَةٍ من المادّةِ في  
خَلِّ صَغِيرٍ)، فَقَدْ يَمُطِّلُ الفضاءَ إلى هَوايَةٍ  
سَمِيكةٍ - كَثَقَلِ أسود كبير.

يبدو النَجْمُ كائناً في مَوْقِعٍ  
مُتَخَلِّفٍ عن مَوْقِعِهِ الحَقِيقِيِّ لِأَنَّ  
ضوءَهُ انحنى بِتأثيرِ الشَّمْسِ.

مَوْقِعُ النَجْمِ  
الحَقِيقِيِّ



## نظريّة النَّسْبِيَّةِ العامّة

في العام 1915، نُشِرَ أَلْبِرْت آينشتاينُ نظريّته المُمِيزَة  
حيثُ والشَّهيرةُ حاليّاً باسمَ نظريّةِ النَّسْبِيَّةِ العامّة.  
وهي تُقدِّمُ مَفْهُوماً مُخْتَلِفاً تماماً حَوْلَ الجاذبيّةِ  
باعتبارها خاصّةً فضائيّةً لا قُوَّةً تُجاذِبُ بين  
الأجسام. فالأجسامُ الماديّةُ تُقَوِّسُ الفضاءَ كما  
يُقَوِّسُ ثَقُلُ شَبَكَةِ «الترامبولين»، وهكذا «تَسْقُطُ»  
الأجسامُ نحوَ أجسامٍ أُخرى؛ حتّى الضوء «يَسْقُطُ»  
في الفراغ المُقَوَّسِ حَوْلَ جِسْمٍ ما فيَنحني مَسارُهُ.  
وقد وُضِعتْ هذه النظريةُ العربيّةُ على اليَخْثِ أثناء  
مُسَوِّفِ لِلشَّمْسِ عام 1919 حينَ رُصِدَ عمليّاً انحناءُ  
أشعّةِ الضوءِ من نجمٍ بعيدٍ بِغِلْظِ جاذبيّةِ الشَّمْسِ -  
لقد كانَ آينشتاينُ على حَقٍّ!

### لمزيد من المعلومات انظر

- البَيِّنَةُ الدُّرِّيَّةُ ص ٢٤
- الجاذبيّةُ ص ١٢٢
- الطَّاقَةُ النُّوَوِيَّةُ ص ١٣٦
- أَصْلُ الكَوْنِ ص ٢٧٥
- النَّجْمَاتُ ص ٢٧٦
- النُّجُومُ ص ٢٧٨
- الشَّمْسُ ص ٢٨٤



# الكوكبات (الأبراج)

التقاط الضوئية المتتالية في سماء الليل تبدو جميعها متماثلة للوهلة الأولى. منذ آلاف السنين، قسّم الفلكيون القدماء النجوم إلى مجموعات تمثلوها في صور خيالية، تصور العقرب والدبّ والأسد، بحيث يسهل استذكارها - وهكذا وُلِدَ نظام الكوكبات المعروف. الواقع أنه لا علاقة بين نجوم الكوكبة الواحدة، فهي تبدو في أشكالها ومجموعاتها تلك فقط عندما يُنظر إليها من الأرض. والنجوم كلها بعيدة جدًا بحيث تبدو في مدى البعد نفسه، وهي تتحرك معًا كأنها مُلصقة داخل طاس هائل - هو الكرة السماوية.



## مسارات النجوم

تبدو النجوم، من الأرض، وكأنها تدوم حول نقطتين وهميتين في السماء - هما القطبان السماويان الشمالي والجنوبي. الصورة أعلاه تظهر مسارات النجوم في سماء الليل من آثارها الضوئية.

الأرض داخل «الكرة السماوية».

تبدو الشمس من الأرض في مسار ظاهري سنوي على خلفية من النجوم. ويظهر على كوكبات النجوم في هذه الخلفية دائرة البروج.

تستخدم انشاد النجوم وأوضاعها في الملاحة (نجم القطب) لتحديد القُبلت الشمالي للأرض) كما في التقاويم (فمن الأرض تُشاهد أبراج مختلفة من النجوم خلال السنة، أثناء دوران الأرض حول الشمس).

بعض الخرائط النجمية القديمة كانت تقسّم أكثر منها علمية.



## الجبار

الجبار كوكبة شهيرة تُشاهد في صورة محارب تُحدّد كتفيه ورؤوسه أربعة نجوم ساطعة، وتُميّز جرائه ثلاثة أخرى، دونها نجم آخر (سديم الجبار) يُنظر إليه.

## تصنيف النجوم

يستخدم الفلكيون منظومة، مُتفقًا عليها دوليًا، تُصنّف ٨٨ كوكبة - تُعرف اثنا عشرة منها بدائرة البروج. وهذه تُشكّل الشارة الخلفية لحركات الكواكب السيارة والقمر والشمس. وتُسمّى النجوم المُحتضنة داخل إحدى الكوكبات بحرف من الأبجدية اليونانية فيُرقم النجم الأكثر سطوعًا ألفا، والتالي بيتا، وهكذا دواليك.

## القدر - قياس التلّصع

يستخدم الفلكيون أرقامًا في تقدير تلّصع النجوم. فوبقاس القدر الظاهري لا يصف بطور النجم على حقيقته، بل كيف يبدو ذلك التلّصع من الأرض. وكلّما ازداد الرقم المُعطى للنجم ازداد خفوتُه. والنجوم ذات قدر التلّصع من ١ إلى ٦ يُمكن رؤيتها بالعين المُحرّدة.



خريطة نجمية حديثة.



## الخرائط النجمية

الخرائط النجمية القديمة حُدثت السماء الشمالية بالحيوانات والأشكال الأسطورية. ومع ازدياد حركة الملاحة جنوبًا صار بالإمكان تخطيط المزيد من السماء. ويظهر التلّصع وتطور تقنيات الرّصد تحدّثت مواقع النجوم بدقة مُتزايدة، وتلاشى، أوكاد، إنتاج الخرائط التي تُبرّز الأبراج قليلًا. وبدأ لاحقًا إعداد الخرائط الفلكية فوتوغرافيًا بواسطة الحواسيب. واليوم تحلّط السرائل مواقع النجوم بدقة وسرعة فائقتين.



## لمزيد من المعلومات انظر

- الكُون ص ٢٧٤
- النجوم ص ٢٧٨
- دورة حياة النجوم ص ٢٨٠
- علم الفلك ص ٢٩٦
- التلّصعيات الأرضية ص ٢٩٧
- حقائق وتعلّيمات ص ٤١٨



# النظام الشمسي



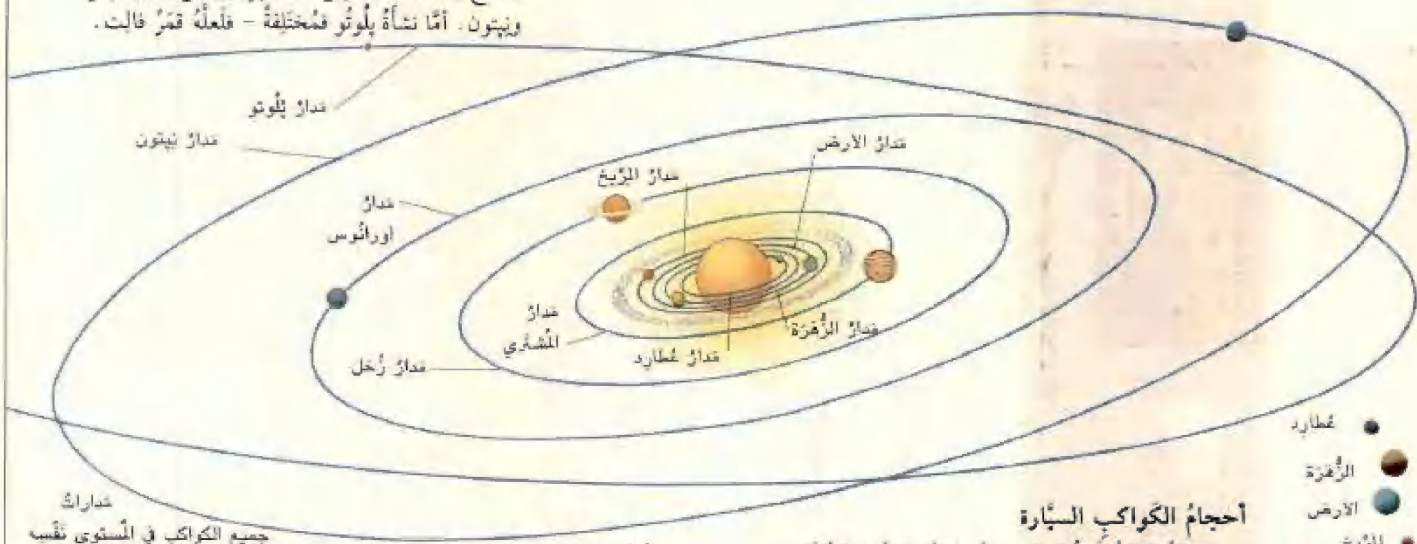
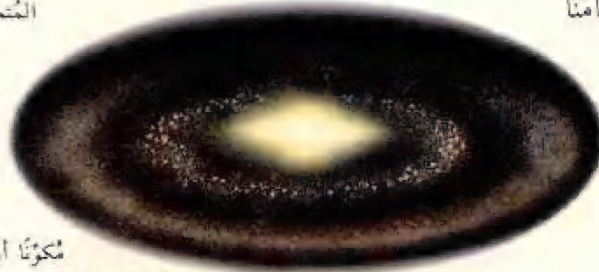
اكتشف الفلكيون مُطلقاً من الغاز والغبار حول بعض النجوم القبيحة، مما يعني إمكانية وجود أنظمة فلكية كوكبية أخرى.

منذ ملايين السنين تَشَّات عائلته من الكواكب السَّارة في مدارات حول الشمس، وهي مع الشمس تُولَّف ما يُعرف بالنظام الشمسي. ويضمُّ هذا النظام الفلكي، الممتدُّ على مدى ١٢٠٠٠ مليون كم في الفضاء، أيضاً، الكويكبات (السَّارات الصغيرة بين مداري المريخ والمشتري) والمذنبات والأقمار (الأجسام الدائرة حول الكواكب السَّارة) والغبار بين الكواكب. والشمس هي الجرم المهيمن في هذا النظام - إذ تشكِّل أكثر من ٩٩ بالمئة من كتلته الإجمالية. قديماً اعتُبر هذا النظام مركز الكون والجزء الأكبر منه. لكننا نعلم اليوم أنَّ نظامنا الشمسي ما هو إلا بقعة هائلة الضالَّة بالمُقارنة مع بقية الكون.



## نشأة النظام الشمسي

نشأت الكواكب السَّارة والأجرام الأخرى في المنظومة، منذ ٤٦٠٠ مليون سنة، من بقايا المادة المتخلفة من تكوُّن الشمس. فقد كانت الشمس مُحاطة بكثرة من الغاز (مزيج من الهيدروجين والهيليوم) والغبار (حديد وصخور وثلج)، تُدعى السَّديم الشمسي، تحوَّلت لاحقاً إلى قرص مُسطَّح دوَّار. ثم تلاصق الغبار ببعضه بعض مُكوِّناً أربع كتلي - هي عطارد والرَّهزة والأرض والمريخ. وفي نطاق خارجي أبعد، اتَّحد الغبار والثلج بالغازات لتكوين المشتري وزحل وأورانوس ونبتون. أمَّا نشأة بلوتو فمختلفة - فلعله قمر فالت.



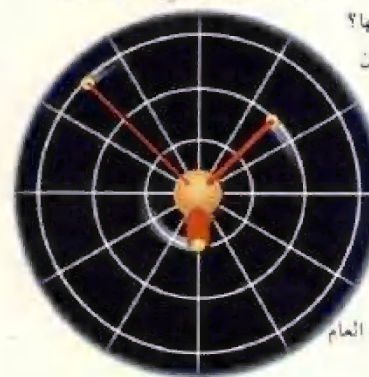
## أحجام الكواكب السَّارة

يَهْتَمُّ الفلكيون بِحَلَّةِ الجرم (أي كَيْفَةِ المادَّةِ فيه) أكثر من أهميَّاتهم بِقَطْرِهِ (أو حجمه). أكبرُ الكواكب السَّارة كُتلةً وخجماً هو المشتري.



## الجاذبيَّة في النظام الشمسي

ما الذي يُبقي كواكب النظام الشمسي في أفلاكها؟ إنها الجاذبيَّة - وهي قوَّةٌ لجاذبيَّة بين كتلتين جِسمَين تتناسب طردياً مع مقدارَي كتلتيهما وعكسياً مع مُربَّع المسافة بينهما. خُصَّصا بنص قانون الجاذبيَّة العام لنيوتن. والجاذبيَّة تُبقي مادة الجرم مُتَماكِكةً، وإذا كانت قوَّةٌ بما فيه الكفاية، فإنَّها تجذب غازات نوى الكواكب السَّارة أو القمر فتكوِّن جواً حولَه. في القرن السابع عشر، نفَّض العالم الإنكليزي، إسحق نيوتن، حركة القمر والكواكب السَّارة، ووضَّع قانون الجاذبيَّة العام الذي هو أحد القوانين الأساسية في الكون.



## المدارات

النظام الشمسي قرصِيّ التَّكَلُّ مُركَّزه الشمس؛ والكواكب السَّارة تُدَوِّرُ حولَها في مداراتٍ (أو أفلاك) مُعيَّنة في اتجاه واحد. لكن بسرعات مُختلفة. وهي تُستغنى أوقاتاً مُختلفة لِتُكَمِّلَ دَوَّارَها حولَ الشمس.

لمزيد من المعلومات انظر
الجاذبيَّة ص ١٦٦
الشمس ص ٢٨٤
عطارد والرَّهزة ص ٢٨٦
الأرض ص ٢٨٧
المريخ ص ٢٨٩
المشتري ص ٢٩٠
زحل ص ٢٩١، أورانوس ص ٢٩٢
نبتون وبلوتو ص ٢٩٣
حقائق ومعلومات ص ٤١٨



# الشمس

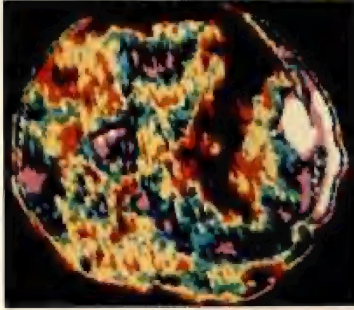
الشمس أقرب النجوم إلينا، ودراسيتها يمكننا تعرّف الكثير عن النجوم الأخرى في الكون. فهي، كسائر النجوم، كرة ضخمة مضيئة من الغازات الحارة تتألف معظمها من الهيدروجين وبعض الهيليوم وكميات ضئيلة من العناصر الأخرى. وتجري داخل الشمس تفاعلات الاندماج النووي باستمرار مؤلدة الطاقة كضوء وحرارة، فتبلغ درجة الحرارة في مركزها حوالي ١٤٠٠٠٠٠٠ س. تنشأت الشمس من سديم غازي وغبار منذ حوالي ٥٠٠٠ مليون سنة ضمن مجموعة من النجوم تفرقت ببطء لاحقاً، فعدت الشمس الآن نجماً منفرداً بذاته. وتتميز الشمس كما نعلم، بين سائر النجوم بمنظومتها من الكواكب السيّارة. والشمس بالنسبة للأرض، أحد هذه الكواكب، ليست النجم المركزي القديم فقط بل مصدر الطاقة للحياة فيها أيضاً.

تشاهد الشوْط  
(ج. شواط)  
الشمسية فقط  
أثناء كسوف  
الشمس الكلي  
أو باستخدام  
تعدّات خاصة.

## الشوْط الشمسية

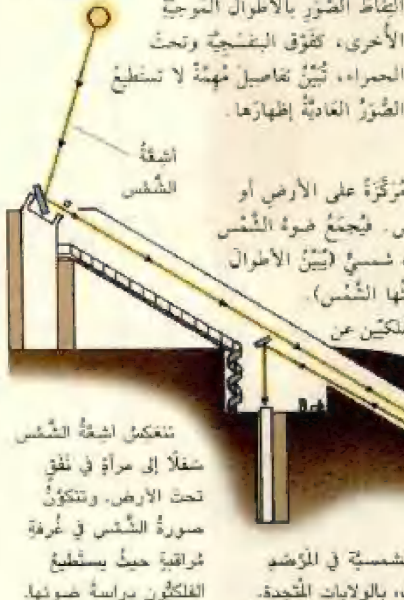
تنشأ من سطح الشمس التبر (الفوتوسفير) أحياناً سحب ضخمة من الغاز اللاهب الشوْط تُعرّف بالاندلاعات والشوْط الشمسية، وهي ترافق البقع الشمسية عادةً. الاندلاعات الشمسية توهجها ساطعة فحثة الاندفاع لا تدوم طويلاً - فيما قد يصل ارتفاع الشواط الكبير إلى ١٠٠٠ كم، وتدوم عدّة شهور.

هذه الصورة للشمس، بالاشعة فوق البنفسجية، تظهر بقعاً في الإكليل.



## شمس الأشعة فوق البنفسجية

اليوم ما عادت الشمس تُصوّر فقط بالضوء المرئي، بل أضحت صورها تُسجّل أيضاً بشتى أنواع الأشعة الأخرى التي تنبعثها. فلدى الفلكيين مُعدّات خاصة تستطيع ألتقاط الصور بالأطوال الموجية الأخرى، كالأشعة فوق البنفسجية وتحت الحمراء، تُبين تفاصيل مهمة لا تستطيع الصور العادية إظهارها.



إتاك  
التطلع  
مباشرة إلى  
الشمس  
بمنظار فائتي  
العتية أو بمقراب  
(تلسكوب).

## مقراب (تلسكوب) شمسي

يستخدم الفلكيون مُعدّات خاصة، مُركّزة على الأرض أو مَحْمُولَة في الفضاء، لدراسة الشمس. فيجمع ضوء الشمس ثم يُلقَى بواسطة المرايا إلى طيف شمسي (يُبين الأطوال الموجية الضوئية المختلفة التي تنبعثها الشمس) وجدير بالذكر أن مُعظم معلومات الفلكيين عن الشمس حصلوا عليها من دراسة أطوارها.

تنعكس أشعة الشمس  
شفلاً إلى مرآة في نفق  
تحت الأرض. وتتكوّن  
صورة الشمس في غرفة  
مراوية حيث يستطيع  
الفلكيون دراسة ضوءها.

أحد التلسكوبات الشمسية في المرصو  
الوطني في كيت بيك، بالولايات المتحدة.

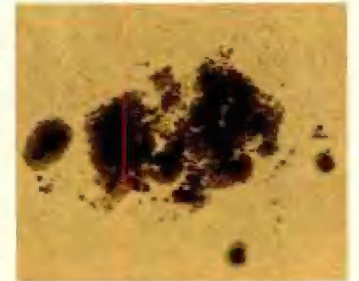
## طباقية الشمس

تتألف الشمس من طبقات غازية مختلفة. فسطح الشمس التبر المرئي يُدعى الفوتوسفير، ويبدو مُرتّباً ببقايع الغازات المَدْمُومة فيه. وتُحيط بالفوتوسفير طبقة لا تُرى من الغاز تُدعى الغلاف اللوني (الكروموسفير). وتُدعى الطبقة، فوق الغلاف اللوني، الإكليل، وتبدو كحالة مُتضائلة نحو الفضاء.

تدوم الشمس حول محورها من الشرق إلى الغرب؛ وبسبب طبيعتها الغازية تختلف فترة الدوران من ٢٥ يوماً في الوسط (عند خط استوائها) إلى ٣٠ يوماً في قطبيها (في أعلاها وأسفلها). وقد اكتُشِف ذلك بِرَصدِ تحركات البقع الشمسية.

## البقع الشمسية

أحياناً تظهر الفوتوسفير، بالمعابرة الدقيقة، مُنحنية بضع مُظلمة تُعرّف بالكُلف الشمسية، وهي تبدو مُظلمة لأنها أبعد منا حولها. إن حدوث هذه البقع عائد للتجالات المغناطيسية التي تُعطي سريان الحرارة إليها من مركز الشمس. والبقع الشمسية ذات مركز مُظلم يُسمى الظل يُحيط به جناح أفتح لوناً يُسمى شبه الظل. وهذه البقع تحدث عادة أزواجا أو مجموعات.



مجموعة من البقع الشمسية



تستغرق دورة البقع الشمسية ١١ سنة. في بدايتها يكون سطح الشمس خالياً من البقع، ثم يظهر بعضها في أعلى السطح وفي أسفله؛ ثم تختفي البقع وتتشكل بقع جديدة أقرب فأقرب من خط الاستواء (نحو وسط القرص).



## آرثر إدينجتون



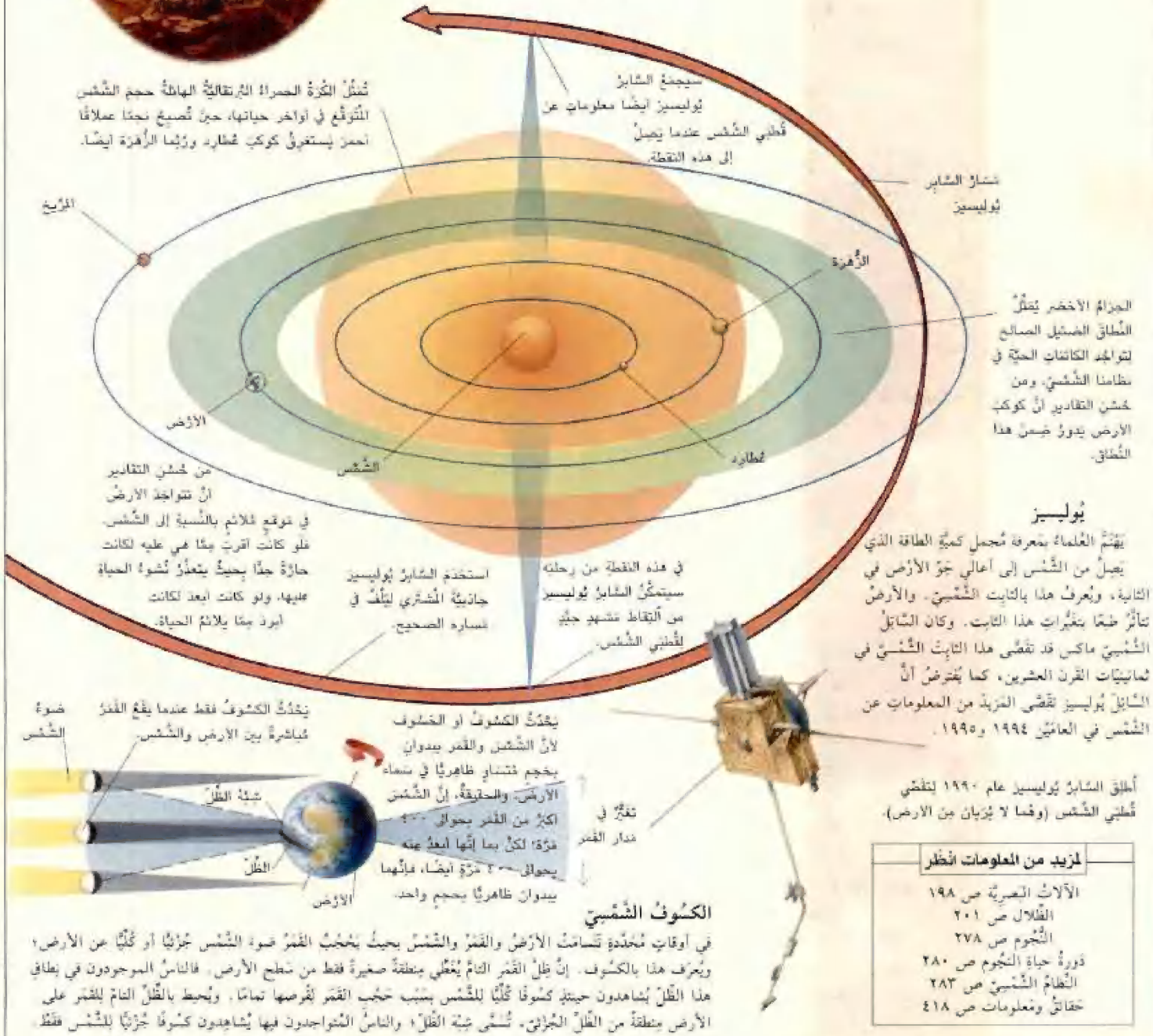
كان الفلكي الإنكليزي، السير آرثر إدينجتون (١٨٨٢-١٩٤٤) أول من أسهم في كشف حفايا التركيب الداخلي للنجوم. وقد اكتشف أن هياكل النجم (كمية الضوء التي ينتجها) تعتمد على عظم كثافته. كذلك كان إدينجتون أول من وجد إثباتاً عملياً للنظرية النسبية لأينشتاين بتسجيله انحناء أشعة الضوء من نجم بعيد جداً أثناء كسوف كوكب كوكب بلشش عام ١٩١٩.

## سيرة حياة الشمس

بالمنظارات النجمية، شمسنا الآن في منتصف عمرها، وستختصر في يوم من الأيام، لكن لا يساورنا القلق، فإمام الشمس ٥٠٠٠ مليون سنة أخرى، ستبقى تسبح فيها قبل أن تستنفذ وقودها من الهيدروجين. ومن ثم ستبدأ باستهلاك محتوياتها من الهيليوم متحوّلة إلى نجم عملاق أحمر يضيء ١٠٠٠ مرة أنضع من إشعاعها، ويزداد حجمه ١٠٠ مرة أكثر من حجمها الآن. ثم سيتقلص هذا إلى نجم قزم أبيض بحجم الأرض. وبعد مضي آلاف ملايين السنين سيبرد هذا النجم وتنتهي حياته كنجم أسود بارد يدعى قزماً أسود.

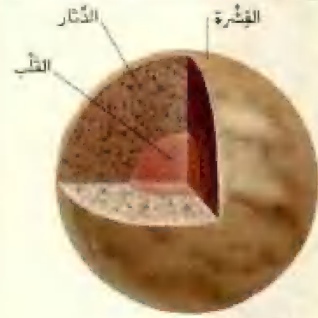


تمثل الكرة الحمراء البرتقالية الهائلة حجم الشمس المتوقع في أواخر حياتها، حين تصبح نجماً عملاقاً أحمر يستعرق كوكب عطارد ورؤسا الزهرة أيضاً.





# عُطَارِدُ وَالزُّهْرَةُ



بِنْيَةُ الزُّهْرَةِ

مرَّ كوكبُ الزُّهْرَةِ، كالأرض، في فترة أنصهار غاصت خلالها المواد الكثيفة نحو مركزه تاركة قشرة أخف فوقها. بتألف مركز الزُّهْرَةِ من قلب مُصنَّع من الحديد والنيكل يُحيط به وتارٌ صخريٌّ يدعم القشرة الصخرية.

أقرب الكواكب إلى الشَّمْس هما كوكبا عُطَارِدُ والزُّهْرَةُ، وقد عُرِفَا ورُصِدا منذ القَدَم. وعُطَارِدُ هو الأَعَسَرُ مشاهدةً بين الكواكب لأنَّ الناظر إليه يَجْهَرُ عادةً بِوَجْهِ الشَّمْس. بالمقارنة، فإنَّ الزُّهْرَةَ تَسْهَلُ رُؤْيَتُهُ، إذ هُوَ المَعُجَّرُ في الفضاء بَعْدَ الشَّمْسِ والقَمَرِ. وكوكبُ الزُّهْرَةِ، كالقَمَرِ، تَتَغَيَّرُ أَوَجْهُهُ دَوْرِيًّا - من هِلَالٍ نَحِيلٍ إلى قُرْصٍ تامٍّ، وكان غاليليو غاليلي أوَّل من لَاحَظَ تلك الأَوَجَّةَ عام ١٦١٠.

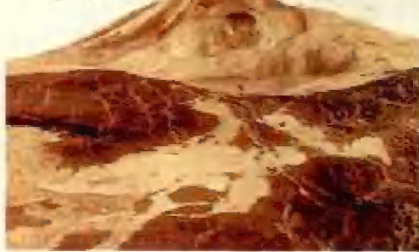
لكنَّ معلومتنا الحالية عن طبيعة عُطَارِدِ القاحلة العديمة الحياة، وعن عالمِ الزُّهْرَةِ المُوَجَّش، حُلِفَ مَظْهَرُهُ الرائق، لم تَتَوَضَّحْ لِلْفَلَائِكِيِّينَ إِلَّا بَعْدَ تَقْصِيهِمَا حَدِيثًا بِالسَّوَابِرِ الفَضَائِيَّةِ وَمُعَدَّاتِهَا المُنْتَطَوِّرة.

## الزُّهْرَةُ

تُلَفُّ الزُّهْرَةُ سُحُبٌ كثيفةٌ تُخْفِي معالمَ سطحها. وتَدَوَّرُ الطبقاتُ الغليبا من هذه الغيوم حول الكوكب مَرَّةً كُلَّ أربعةِ أيامٍ - وذلك أسرع بكثيرٍ من دورانه مَرَّةً حولِ مَحْوَرِهِ التي تستغرقُ ٢٤٣ يومًا، والذي تُشَاهِدُهُ من هذا الكوكب ما هو إِلَّا انعكاسُ نورِ الشَّمْسِ على غَيُومِهِ الكثيفة.

### صُورَةُ سَطْحِيَّةِ

اِسْتَكْشَفَتِ الزُّهْرَةُ أَكْثَرَ من ٢٠ عَرَبَةً فضائيةً، أَظْهَرَتْ أَنَّ سَطْحَ الكوكبِ ضَرَاوِيٍّ حَارٍّ، بِه بَقَاعٌ قَلِيلَةٌ مِنَ الأَرْضِي الخفيفِ والمرْتَعاتِ.



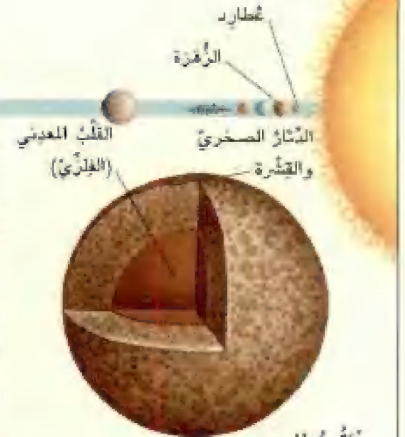
صورةٌ لسطحِ الزُّهْرَةِ اِتَّخَذَتْهَا السَّابِرُ الفَضَائِيَّ مَاجِلَان.

لِزَيْدٍ مِنَ المَعْلُومَاتِ اَلْخَطَرِ
النَّظَامُ الشَّمْسِيّ ص ٢٨٣
الشَّمْسُ ص ٢٨٤
الأَرْضُ ص ٢٨٧
القَمَرُ ص ٢٨٨
السَّوَابِرُ الفَضَائِيَّةُ ص ٣٠١
خَفَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤١٨

### مَنْظَرُ طَبِيعِيٍّ لِلزُّهْرَةِ

مَنْ يَتَخَكَّرُ بِالنَّهْرِ بِطَرَفٍ عَلَى سَطْحِ الزُّهْرَةِ عَلَيْهِ أَنَّ يَخْتَرِقَ جَوْهَا أَوَّلًا - وهذا الجَوُّ بِتَأَلَّفٍ مِنْ غَيُومٍ كثيفةٍ

بِیضاء مُضَفَّرَةٍ مِنْ غَازِ حامضِ الكبريتيك. وتَبْلُغُ درجةُ الحرارة على سَطْحِ الزُّهْرَةِ ٤٨٠°سْ لِأَنَّ جَوَّهَ الكَثِيفِ يَحْبِزُ حَرَارَةَ الشَّمْسِ كَمَا الدَّفِئَات. كَمَا يَبْلُغُ الضَّغْطُ الجَوِّيُّ عَلَيْهِ ١٠٠ مَرَّةً أَكْثَرَ مِنْ ضَغْطِ جَوِّ الأَرْضِ. وَهَذَا يَسْتَحْضِرُ أَيَّ تَشْرِيقٍ فِي نَوَائِي.



بِنْيَةُ عُطَارِدِ

النَّجَالُ المَعْتَطِشُ الضَّعِيفُ لِكوكبِ عُطَارِدِ وَكَنَاتُهُ العَالِيَةُ يُشِيرَانِ إِلَى وَجُودِ قَلْبٍ هَائِلٍ مِنَ الحَدِيدِ فِي مَرْكَزِهِ. وَفَوْقَ هَذَا الْقَلْبِ طَبَقَةٌ مِنَ الصَّخُورِ المُصْهَرَةِ المُضْغُوطَةِ، هِيَ الدَّنَّارُ، تَطْفُو فَوْقَهَا قَشْرَةٌ صَخْرِيَّةٌ جَامِدَةٌ.

## عُطَارِدِ

مُعْظَمُ مَعْلُومَاتِنَا عَنْ سَطْحِ عُطَارِدِ، جُمِعَتْهَا العَرَبَةُ الفَضَائِيَّةُ مَارِينر ١٠. لَكِنْ مَارِينر ١٠ لَمْ تَتَصَوَّرْ إِلَّا جُزْءًا مِنَ الكوكبِ فَفَقَط لَأَنَّهَا كَانَتْ تَمُرُّ دَائِمًا بِالجَانِبِ نَظِيرِ مِنَ الكوكبِ. لِهَذَا السَّبَبِ، فَلَا يَزَالُ الكَثِيرُ مِنْ هَذَا الكوكبِ بِاتِّظَارِ اِلِاسْتِكْشَافِ.

### قُوَاهَاتُ عُطَارِدِ

كوكبُ عُطَارِدِ صَغِيرٌ، كَقَمَرِنَا، تَدْبُ سَطْحُهُ قُوَاهَاتٍ تَكُونَتْ مُبَاشَرَةً بَعْدَ نَشَأِ النَّظَامِ الشَّمْسِيِّ. وَسَطْحُ عُطَارِدِ مُجَعَّدٌ بِالجُرُفِ (الصَّخُورِ الشَّدِيدَةِ الانْحِدَارِ) النَّاتِجَةِ عَنْ تَقَلُّصِ الكوكبِ الفَنِيِّ أَثْنَاءَ فِتْرَةِ بُرُودِهِ، كَمَا التَّحَاقُّ الدَّائِيَّةِ.



### تَكُونُ الْقُوَاهَاتِ

تَكُونُ الْقُوَاهَاتِ الكَثِيرَةُ عَلَى سَطْحِ عُطَارِدِ خَرَاءَ رَظْمِ الصَّخُورِ السَّاقِطَةِ نَائِرَةً حَفَارَتِهَا حَوْلَ حُفَرٍ وَتَجَاوِيفٍ صَخْرِيَّةٍ الشَّكْلِ.

### مَنْظَرُ طَبِيعِيٍّ لِعُطَارِدِ

الجاذبية السطحية في عُطَارِدِ أَقْلُ مِنْ يَصِيبُ جَاذِيَّةِ الأَرْضِ - مِمَّا أضعفَ إمكَانِيَّةَ الكوكبِ عَلَى جَذْبِ غَازَاتِ حَوْلِهِ - فَتَجَلَّ عَادَمُ الجَوِّ، قَرِيبًا، يَسَوُهُ الشَّكُّونُ لِأَنَّ الصَّوْتِ لَا يَنْتَقِلُ فِي الْفَرَاغِ. وَتَسْجُلُ عُطَارِدُ أَقْصَى مَرُوقٍ فِي درجة الحرارة نَهَارًا وَلَيْلًا بَيْنَ الكَوَاكِبِ نَظَرًا لِانْجِدَامِ جَوِّ يَحْبِزُ الحرارة عَنهُ وَإِلَيْهِ - إِذْ تَبْلُغُ درجةُ الحرارة نَهَارًا ٤٠٠°سْ وَلَيْلًا ٢٠٠°سْ.





# الأرض



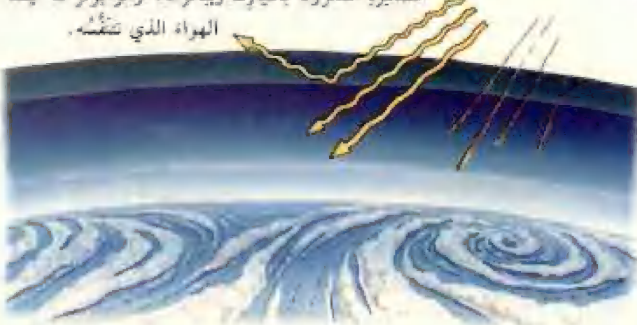
من الطبيعي أن تكون الأرض هي الكوكب الذي استحوذ على اهتمام العلماء وأستقصاءاتهم أكثر من سواه في النظام الشمسي، وأن يكون ما نعرفه عنه، بالتالي، أشمل وأدق. الأرض، كغيرها من الكواكب، فريدة ذات خصائص لا توجد في سواها - ليس أقلها أنها الكوكب الوحيد الصالح للحياة في المنظومة الشمسية؛ ويوازي ذلك أهمية تواجد الماء. هذان العاملان حددا شكل ومسار تطور الأرض من كوكب ذي جو غني بالهيدروجين إلى العالم في حاله الراهنة. فالحياة التي بدأت في بحار الأرض منذ ٣٠٠٠ مليون سنة، والكائنات الحية التي تطورت منها، أسهمت في تكوين جو التروجين والأكسجين الذي نتر بدوره الظروف الملائمة لاستمرار الحياة. يدور حول الأرض سائل طبيعي هو القمر. وهي الكوكب الخامس من حيث الحجم، والثالث من حيث البعد عن الشمس.

**بنية الأرض**  
تكوّن الأرض القشرة مع كواكب النظام الشمسي الأخرى منذ ٤٦٠٠ مليون سنة. وكانت في البدء باردة؛ لكنّ الفاعلية الإشعاعية أحمتهما حتى الانصهار. فغاص الحديد الثقيل نحو المركز، وطفّت الصخور الأخف فوله. حالياً، يحيط بقلب الأرض الحديدية دنار صخري مانع، تعلّقه قشرة صخرية سطحية لا تتعدى سمكها بضعة كيلومترات.



## جو الأرض

جو الأرض رقيق بالمقارنة مع جو جاريتها الزهرة - لكنه نقيّ جداً. فهو رقيق بحيث يخترقه ضوء الشمس، لكنه سميك بما فيه الكفاية ليحبّث إشعاعات الشمس الأخرى المؤدية لشعاع الأنيعة فوق البنية الجيلة على حياة البشر ترشّع غيره. كذلك يتطرّج جو الأرض سرعة الرّجيم الفضائية الصخرية الصغيرة المعروفة بالنيازك ويحمّرها؛ وهو يؤمّر لنا أيضا الهواء الذي نتنّسه.



## منظر طبيعي أرضي

منذ ملايين السنين تكوّن حول الأرض جو من ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء والتروجين. فتكوّن بخار الماء المطر، والمطر كوّن البحار والمحيطات، وكلا هذين العنصرين مهمّان جداً اليوم. حيث يتم تبادل الماء بين الجو والمحيطات - فيما يفعل الجو كطبقة مُدرّئة تُبقي درجة الحرارة منتظمة تقريباً.

لمزيد من المعلومات أنظر
تكوّن الأرض ص ٢١٠
الأرض ص ٢١٢
النظام الشمسي ص ٢٨٣
حقائق ومعلومات ص ٤١٨



## الأرض جرم لا يهدأ

سطح الأرض دائم التغيّر؛ فيقشرتها تتألف من صفائح (أو الرياح) هائلة متحركة. وتحدث البراكين والبراكين الأرضية عندما تصادم هذه الصفائح أو يحنك بعضها ببعض أو ينزلق بعضها تحت بعض. ويرافق ذلك عادة انبعاث القشيرة الصخرية نحو السطح، وهكذا نحدث قشرة الأرض نفسها باستمرار.

## كوكب الأرض

تألف الأرض ساطعة في الفضاء، إذ تعكس حوالي ثلث ضوء الشمس الساقط عليها؛ كما يستقطب الضوء في جوها فيكسبها لونا يغلب عليه الزرقة. وتبدو كتل اليابسة البنية بوضوح، وكذلك الشجيرات التي تغطي قرابة ثلثي سطح الأرض - حيث يغطي المحيط الهادئ وحده نصف سطح الكرة الأرضية. كما يمكن مشاهدة غيوم كثيرة في الجو.



## أرسطارخوس

حقيقة أن الأرض تدور حول الشمس حازت القبول

منذ أقل من ٤٠٠ سنة. ويُعزى الفضل في ذلك إلى الفلكي البولوني، كوبرنيكس، (في القرن السادس عشر)، الذي دحض النظرية الفالئة أن الأرض هي مركز الكون. لكنّ الفلكي اليوناني، أرسطارخوس (٣١٠-٢٣٠ ق.م)، كان سبقه إلى الفكرة ذاتها قبل ذلك بقرون عديدة. فقد اختبأ أرسطارخوس الحجم والمسافة الشاسعين للشمس والقمر مُستخدماً القواعد الهندسية، واستنتج وجوب أن تدور الأرض حول الشمس لأن الشمس هي الأكبر بكثير.

الظروف على الأرض غلاتمة تماماً لأشكال الحياة المختلفة - بما فيها الإنسان





# القمر



## الهبوط على القمر

لا تزال رحلات أبولو السبع عشرة في الستينيات والسبعينيات من القرن العشرين تحلّ الأوج بين محاولات استكشاف الفضاء. هذه الرحلات أنزلت اثني عشر رائد فضاء على سطح القمر وأعادتهم سالمين إلى الأرض. وتستخدم نتائج الاختبارات السطحية على القمر والتحقيق المداري حوله والعديد من الصور التي التقطت له في تكوين تصوّرنا الحالي لسطح القمر.

## رصد القمر

يشكّل القمر جزءًا جيدًا للفلكسبين المبتدئين لأن معالمه السطحية يمكن تبينها بالعين المجردة. فالقبة المرتبة القائمة هي سهول مسطحة تدعى «بحار»، أما المناطق الأفتح لونًا فهي الجبال. ويمكن حتى بالمنظار الشائي الغنية تبين بعض القوّهات البركانيّة التي تغطي مساحات شاسعة من سطح القمر.



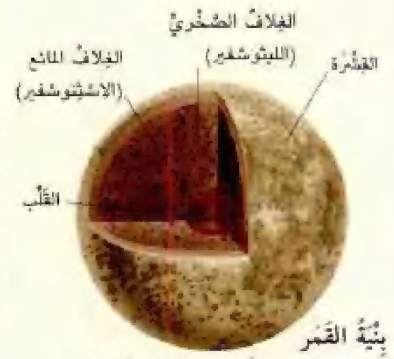
## الصخور القمرية

عاد زوّاد القمر بحوالي ٢٠٠٠ غنيّة من الصخور القمرية بلغ وزنها ٤٠٠ كغ تقريباً. ومن دراسة هذه العينات تكوّن لدى العلماء تصوّر جديد عن تركيب القمر وتاريخه. فبعض الصخور مثلاً صهارة نشأت من لابة منصهرة.



## أوجه القمر

رغم أنّ القمر غير مُنير بلماته، فهو ألمع جرم في سماء الليل لأنه يعكس ضوء الشمس جيّداً. وخلال دورانه حول الأرض تُشاهد أجزاء متفاوتة القمر من وجهة النّاب بالشمس تتراوح بين الهلال والبدر. فعندما يكون القمر في النّاحي لا يعكس جانبه المواجه للأرض نوراً من الشمس فلا نراه. ويُقاس الشهر القمريّ بالفترة بين سحابتين متتاليتين وتبلغ عدّة أيامه ٢٩,٥ يوماً.



## بنية القمر

اكتشف العلماء أنّ القمر يحوي قلباً صغيراً من الحديد والكبريت تحيط به طبقة الغلاف المائع من الصخور المنصهرة جزئياً (الاستيوسفير). وفوق هذه طبقة الغلاف الصخري الجامد (الليثوسفير)، تغطيها قشرة من الصخور الغنيّة بالألومنيوم والكالسيوم.

## الترشاش العظيم

لا يعلم الفلكيون علم اليقين كيف تكوّن القمر. فقد يكون الفصل عن الأرض، أو أنّ الأرض قد أسرته، أو أنه تكوّن من موادّ حول الأرض في بدء نشأتها. والإفتراض الرابع، هو نظرية الترشاش العظيم، ومفادها أنّ جسماً بحجم المريخ ارتطم بالأرض الفتية، فتكوّن القمر من أنقاض ذلك الإرتطام.

لم يتغيّر سطح القمر إلا قليلاً منذ ملايين السنين - فبالكاد الجوّ تتعديهم عوامل التّجوية.



لا أحد يستطيع متاع ضرائك على سطح القمر!

## منظر طبيعي للقمر

إذا قدر لك أن تخطّ على سطح القمر، فستجد عالماً يشوّه الشكوك القائم لانعدام التبر فيه - فلا يتخلّل الضووت فيه (ولا يمكنك التنفس طبعاً دون برّو فضائيّة!). تغطي سطح القمر قوّهات يبلغ ألساغ بعضها مئات الكيلومترات، وكان أكثرها قد تكوّن منذ حوالي ٤٠٠٠ مليون سنة عندما ارتطمت بالقمر صخور من الجزام الكويكبي.

## لزياد من المعلومات أفضل

- الأمواج والمطر والنباتات ص ٢٣٥
- النظام الشمسي ص ٢٨٣
- الأرض ص ٢٨٧
- الإنسان في الفضاء ص ٣٠٢
- حقائق ومعلومات ص ٤١٨



# المريخ

رسم للمريخ من  
وضع برسيغال  
لويل.



رسم لويل للمريخ وفهرست سماته  
السطحية كأقنية ليجر المياه  
بشائها حضارة مريخية متقدمة.

## برسيغال لويل

برسيغال لويل (١٨٥٥-١٩١٦)، فلكي هاوي

قري، شغف

بالمريخ. وقد

ترافى له خلال

رصد المريخ من

مرصده في أريزونا،

بالولايات المتحدة،

أن الكوكب مأهول وأن

أخايدته هي أقنية ليجر المياه.

من القلائس القطبية، إلى الأراضي

الزراعية الجافة. وقد نبش لاحقاً أن ما

ترافى له كان مجرد خداع بصري.

اللؤلؤ الأحمر الغامق

للكوكب كان الداعي

لتسميته بأسم إله

الخدب

الأسطوري

مارس

(المريخ).



## كوكب وعر

تغطي سطح المريخ معالم كثيرة كالصحاري

والجبال العالية والفوهات البركانية العميقة

والبراكين الضخمة. والمريخ قلنسوان

قطبيتان جليديتان تتغيران بتغير فصوله -

فيذوب ثاني أكسيد الكربون الجليدي

عنهما ضباباً، كاشفاً سطحاً من

الصخور الطباشيرية، وتتكون ثابة في

المساء.

## فوبوس

يدور حول المريخ قمران صغيران

هما ديوس وفوبوس.

ويندوان من الأرض،

حتى بأقوى ما لدينا من

تلسكوبات، كتبعين

ضوئيتين صغيرتين. وقد أظهرت

السفن الفضائية أنهما جرماني قاتمان، غريب الشكل.

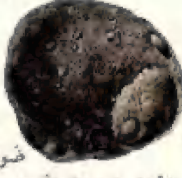
ويحوي كلاهما فوهات بركانية، لكن فوبوس

مغطى بالأخايد أيضاً. وهذان القمران أشبه

بالكويكبات من عذو وجوه - ويعتقد

بعض العلماء أنهما كانا من زهرة الجزام

الكويكبي قبل أن يأسرها المريخ.

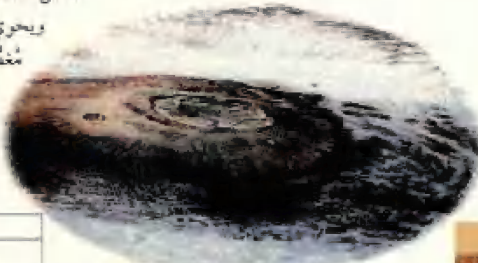


فوبوس، الاسم

الأسطوري

لخادم الإله

مارس (المريخ).



## جبل أوليمبس

جبل أوليمبس البركاني العملاق. ليس أكبر جبل

على المريخ فقط، بل هو أضخم الجبال في

النظام الشمسي كله - إذ يبلغ قطر قاعدته

٢٧٠٠ كم، وارتفاعه ٢٧ كم، أي قرابة ثلاثة

أصاف علو جبل إفرست على الأرض.

## منظر طبيعي

من المريخ

لو قلنا لك الانتقال إلى المريخ،

فستجد مكاناً بارداً جداً وموجهاً

للغاية. جاذبية المريخ هي حوالي نصف

جاذبية الأرض لذا لم يستطع الكوكب شد

أكثر من جو رقيق إليه. ورغم ذلك فإن

سرعات الرياح فيه أحياناً تتجاوز ١٠٠ كم/سا،

ناشئة عواصف من الغبار قد تستغرق عدة أشهر لتستقر.



## سطح مريخي وعر

تغطي المريخ جاف وصخري، تغطي طبقة

من الغبار المخمر تالفت كمياتاً من

أكسيد الحديد الممتلئ - وهي المادة نفسها

التي تكتسب صحاري الأرض لونها

الشرب بالحمرة. حتى سماء المريخ تبدو

حمراء وزدبة بتأثير دقائق الغبار المعلقة

والطافية في جو.



## لزيد من المعلومات انظر

الرؤيوطات ص ١٧٦

البراكين ص ٢١١

النظام الشمسي ص ٢٨٣

الأرض ص ٢٨٧

القمر ص ٢٨٨

الكويكبات ص ٢٩٤

حقائق ومعلومات ص ٤١٨



# المُشْتَرِي

عِملَاقُ الكواكِبِ فِي النِّظامِ الشَّمْسِيِّ هُوَ الْمُشْتَرِي - إِذْ تَزِيدُ كُتْلَتُهُ عَلَى ثَلَاثَةِ أَضْعَافِ كُلِّ الكواكِبِ الثَّمَانِيَةِ الأُخْرَى مُجْتَمِعَةً. وَيَتَأَلَّفُ فِي مُعْظَمِهِ مِنْ غَازَاتٍ وَسَوَائِلَ، أَمَّا القَلْبُ فَصَخْرِيٌّ وَصَغِيرٌ نَوْعًا. وَحَيْثُ إِنَّ الغَيُومَ الكَثِيفَةَ فِي أَعَالِي جَوِّ الْمُشْتَرِي تَعَكِّسُ ضَوْءَ الشَّمْسِ جَيِّدًا فَهُوَ يُرَى نَاصِعَ السُّطُوعِ فِي سَمَاءِ الأَرْضِ لَيَالًا. إِنَّ الكَثِيرَ مِنْ مَعْرِفَتِنَا حَالِيًا عَنِ الْمُشْتَرِي نَمَّ بِوَاسِطَةِ بَعَثَاتِ السَّوَابِرِ الفَضَائِيَّةِ، الَّتِي عَبَرَ أَرْبَعَةً مِنْهَا عَلَى مَقَرَّبَةٍ مِنْهُ فِي سَبْعِينَ ثَلَاثَ القَرْنَ العَشْرِينَ؛ كَمَا يَدُورُ حَوْلَهُ مِنْذُ أَوَّلِ أَوَّلِ العَامِ ١٩٩٧ السَّابِرُ الفَضَائِيّ

غَالِيلِيُ. وَسَيَحَقِّقُ غَالِيلِيُ رَصْدًا طَوِيلَ الأَمَدِ لِلْكوكِبِ، وَأَقْمَارِهِ، وَمَجَالِهِ المِغْنَطِيسِيَّ القَوِيَّ الَّذِي تَفُوقُ شِدَّتُهُ شِدَّةَ المِجَالِ الأَرْضِيِّ ٤٠٠٠ مَرَّةً.



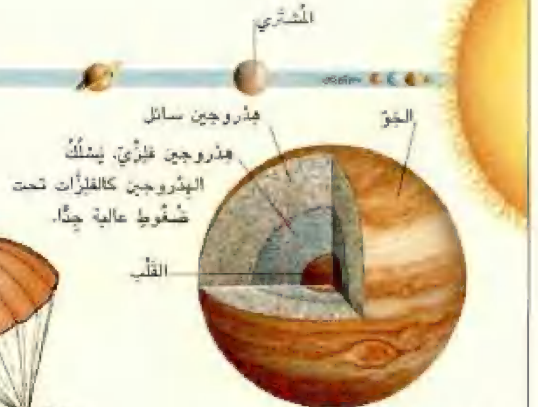
## العواصف

يَشْتَعْرِقُ الْمُشْتَرِي أَقَلَّ مِنْ عَشْرِ سَاعَاتٍ يُشَمُّ دَوْرَةَ كَامِلَةٍ حَوْلَ مَحْوَرِهِ، مُتَّخِذًا بِتَدْوِينِهِ السَّرِيعَ هَذَا رِيَاخًا عَاتِيَةً. وَبِحَالِ دَوْرَانِ الغَازَاتِ الجَوِّ حَوْلَ الكوكِبِ تُحْدِثُ أَخْرَمَةً وَتُطْفَأُ مُلَوْنَةً فِي أَعَالِي الغَيُومِ، وَتَتَوَلَّدُ عَوَاصِفٌ هَائِلَةٌ. وَنَذْكُرُ أَنَّ البُقْعَةَ الضَخْمَةَ الحُمْرَاءَ، الَّتِي يَفُوقُ حَجْمُهَا ضِعْفِي حَجْمَ الأَرْضِ، هِيَ الأَعْصَارُ الأعْظَمُ فِي النِّظامِ الشَّمْسِيِّ.



## آيَوُ

القَمَرُ آيَوُ أَكْثَرُ مِنْ قَمَرِنَا بَقْلِيلٍ؛ وَهُوَ أَحَدُ أَكْثَرِ الأجْرامِ الَّتِي تَوَلَّفُ المِظْطَوْمَةَ الشَّمْسِيَّةَ اسْتِدْعَاءً لَلْاهْتِمَامِ. فَهُوَ، بِتَأْثِيرِ قُوَّةِ المُشْتَرِي التَّدْرِيَّةِ (الْمُدَّةِ الجُزْئِيَّةِ) الَّتِي نَعْمَلُ عَلَى إِحْمَادِ قَلْبِهِ، ذُو نَشَاطٍ بُرْكَانِيٍّ. وَهُوَ أَحَدُ جَرْمَيْنِ غَقَطَ، إِلَى جَانِبِ الأَرْضِ، مَعْرُوقَيْنِ بِنَوَاجِدِ بُرَاكِينٍ مُنَاطِطَةٍ فِيهِمَا.



## بَيْتَةُ الْمُشْتَرِي

يُحِبُّ بِقَلْبِ الْمُشْتَرِي الصَخْرِيَّ الصَّغِيرَ يَجْزُمُ مِنَ الهَيْدُرُوجِينِ سَائِلًا وَغَلِيظًا، وَيَلْفُ هَذَا كُلَّهُ جَوَّ هَائِلِ الحِجْمِ مِنَ الهَيْدُرُوجِينِ وَالهِيلِيُومِ ثَمَانِي مَرَّاتٍ أَكْثَفَ مِنْ جَوِّ الأَرْضِ. وَتَهْبِطُ دَرَجَةُ الحَرَارَةِ نَحْوَ طَبَقَاتِ الغَيُومِ العُلْيَا إِلَى ١٤٠° س. بَيْنَمَا تَبْلُغُ فِي القَلْبِ ٣٥٠٠° س.

## جَوُّ الْمُشْتَرِي

لَوْ قُلْنَا لِرَأْسِ فِضَاءٍ أَنَّ يَهْبِطُ عَلَى الْمُشْتَرِي، فَسَيَكُونُ ذَلِكَ فِي الوَاقِعِ «غَوْصًا» فِي جَوِّ كَثِيفٍ، عَمَقُهُ ١٢٨٠ كِم. مُؤَلَّفٍ مِنَ المِثْنَانِ وَالْأَمُونِيَا إِضَافَةً إِلَى الهَيْدُرُوجِينِ وَالهِيلِيُومِ. وَمُسْتَوْدَعًا السَّابِرُ الجَوِّيَّ غَالِيلِيُ. بِأَوَّلِ نِيَّاتٍ مُبَاشِرَةٍ عَنِ خِصَائِصِ هَذَا الجَوِّ.

## أَقْمَارُ الْمُشْتَرِي

تَدُورُ حَوْلَ الْمُشْتَرِي مَجْمُوعَةٌ أَقْمَارٍ يُعْرَفُ مِنْهَا حَالِيًا سِتَّةَ عَشَرَ وَقَدْ تُكْشَفُ المَزِيدُ مِنْهَا لَاحِقًا - وَمُتَعَطِّفُهَا أَجْرَامٌ صَغِيرَةٌ مُتَجَمِّدَةٌ لَا يَزِيدُ قَطْرُ الوَاحِدِ مِنْهَا عَلَى ١٠٠ كِم. وَقَدْ خَرَجَتْ دِرَاسَةُ الأَقْمَارِ الغَالِيلِيَّةِ الأَرْبَعَةِ، الَّتِي هِيَ الأَكْبَرُ بِكَثِيرٍ بَيْنَ أَقْمَارِ الْمُشْتَرِي، عَنْ قُرْبٍ بِوَاسِطَةِ السَّابِرَيْنِ الفَضَائِيَّيْنِ فُوجَايِرِ ٩٦ وَفُوجَايِرِ ٩٢٥.

## غَالِيلِيُ غَالِيلِي

الفَلَكِّيُّ والفِيزِيَاثِيَّ الإِيطَالِيَّ، غَالِيلِيُ (١٥٦٤-١٦٤٢)، اكْتَشَفَ أَرْبَعَةً مِنْ أَقْمَارِ الْمُشْتَرِي عَامَ ١٦١٠ هـ: آيَوُ، أوروپَا، جَانِيمِيدُ وَكَالِيستُو



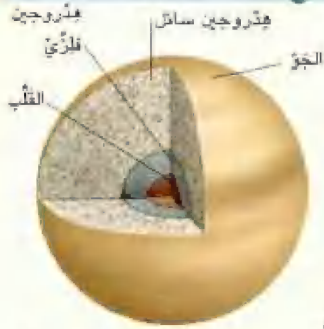
تُعْرَفُ بِالأَقْمَارِ الغَالِيلِيَّةِ. وَقَدْ سَحَّرَ غَالِيلِيُ اكْتِشَافَهُ لِإِقْنَاعِ النَّاسِ بِأَنَّ الأَرْضَ لَيْسَتْ مَرْكَزَ الكَوْنِ، وَأَنَّهَا وَالكواكِبُ الأُخْرَى تَدُورُ حَوْلَ الشَّمْسِ.

## لَمَزِيدٍ مِنَ المَعْلُومَاتِ انْظُرْ

الجُزْءُ مِنْ ٢٤٨
النِّظامِ الشَّمْسِيِّ مِنْ ٢٨٣
القَمَرُ مِنْ ٢٨٨
السَّوَابِرِ الفَضَائِيَّةِ مِنْ ٣٠١
حَقَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ مِنْ ٤١٨



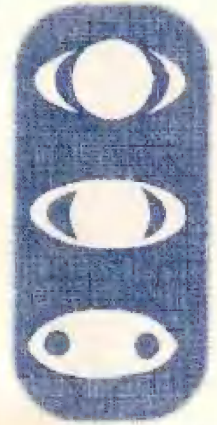
# زُحَل



## بنية زُحَل

تتألف زُحَل من ثلاث طبقات متميزة - بدءاً من قلب مركزي جليدي صخري تُحيط به طبقة من الهيدروجين الغازي، أما الطبقة الخارجية فتتألف من الهيدروجين والهيليوم - سائلين نحو المركز وغازيين بعيداً عنه.

كوكب زُحَل الذي يبدو، من الأرض، مُجرّد جُرم لامع تبيّن أخيراً أنّه جوهره النظام الشمسيّ. فزُحَل عملاق غازي يشتهر بمنظومته المدهشة من الحلقات الملونة، وهو الكوكب السادس من حيث البعد عن الشمس - إذ يبلغ بعده ضعفي بُعد جاره المُستشري تقريباً. منذ العام ١٦١٠، أخذ الفلكيون يرصدون زُحَل بتلسكوباتهم، لكنهم لم يجمعوا على تفسير شافٍ لما كانوا يُشاهدون. ولم يُكتشف مدى وتعقيد المنظومة الرّحليّة إلا بواسطة السّابرين الفضائيين فوياجير أوائل الثمانينيات من القرن العشرين.



## أزصاد أوليّة

حين رصّد غاليليو زُحَل عام ١٦١٠ شاعده ثلاثة اجرام. فهل حقاً كان زُحَل كوكباً ثلاثياً؟ بعد بضع سنوات ذهب الفلكيون لإرتحال الجرمين الكرويين الصغيرين وتغيّر شكلهما. وفي العام ١٦٥٩، بين كريستيان هيجنز، الفلكي الدانمركي، مُحقّقاً، أنّ ما كان يشاهده أسلافه هو حلقات زُحَل التي يتغيّر مظهرها جلال دوران الكوكب حول الشمس.



## الحلقات

كواكب المُستشري وزُحَل وأورانوس ونبتون ذات حلقات، لكن حلقات زُحَل هي الأبهى روعة بكثير. لقد استنتج الفلكيون، من الأرض، أنّ تلك الحلقات غير جامدة لأنّه يمكنهم مشاهدة النجوم عبرها. أمّا المُنتج الفضائي فكتشف أنّ حلقات زُحَل تتألف من قطع صخريّة جليديّة لا تحصى - بعضها صغير كالغبار، وبعضها الآخر كبير كالجلايد الضخمة. ويرى الفلكيون أنّ حلقات زُحَل طارئة عليه لا أصيلة به، وأنها تكوّنت بارتطام أقمار في مداراتها حوله.



## النطق الغيمية

المُجرّم الملون، على سطح جو زُحَل، المؤلفة من الأمونيا وكيمائيات أخرى تُكوّن نطقاً جزامية حول الكوكب. أحياناً يمكن مشاهدة بُقع إهليلجيّة في هذه النطق - هي بالفعل عواصف هوجاء. ففي يوم عاصف في زُحَل قد تبلغ سرعة الرياح ١٨٠٠ كم/سا في أجواء العليا.



## خط استواء مُتبع

يُدوّم زُحَل بسرعة فائقة حول محوره فيلعب يومه ١٠ ساعات و ٣٠ دقيقة فقط. وهذا بالإضافة إلى كثافة الكوكب الخفيفة، يُسبب اتباع خط استواء زُحَل. والواقع، أنّ هذا الانفتاح هو الأبرز في النظام الشمسي.



قد يتلقو زُحَل قوّاً كجبل الجليد - فيقوض منه في الماء.

## أقمار زُحَل



زُحَل هو صاحب أكبر عدد من الأقمار. فقد اكتُشف له، من الأرض، أحد عشر قمراً، وسبعة أقمار أخرى من سفن الفضاء - وربما كان هناك المزيد. وكان أول هذه الأقمار وأكبرها تيتان، المكتشف عام ١٦٥٥. وهو قريب بين الأقمار بجوئه الكثيف الذي يغطي سطحه. ويلاحظ أنّ عشرة من أقمار زُحَل الصغيرة هي أجرام بظائفيّة الشكّل غير منتظمة.

## الكوكب الطّفوي

رغم أنّ كتلة زُحَل تفوق كتلة الأرض بـ ٩٥ مرة، فإنّ مُعدّل كثافته خفيض جدّاً بحيث إنّ الكوكب الوحيد الأخف من الحجم نفسه من الماء. وهذا يعني أنّ زُحَل يتلقو في الماء لأنّ وزنه النوعي أقلّ.

## لمزيد من المعلومات انظر

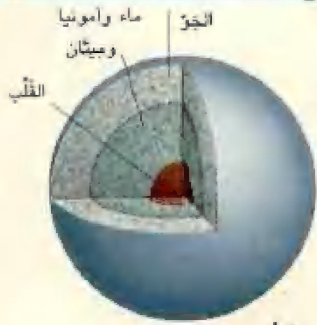
- الظلمة والغوص ص ١٢٩
- النظام الشمسي ص ٢٨٣
- القمر ص ٢٨٨
- السواير الفضائية ص ٣٠١
- حقائق وتعليلات ص ٤١٨



# أورانوس

أورانوس

شُده الفلكيون عند اكتشاف أورانوس عام ١٧٨١ - أول كوكب يُكتشف في العصر الحديث. فقد كانوا يعتقدون أن رُحل هو نهاية النظام الشمسي؛ فجاء اكتشاف أورانوس بضائع حجم هذا النظام دفعة واحدة - إذ إن بُعد أورانوس عن الشمس ضعفاً بعد رُحل عنها. وظلّت معلوماتنا شحيحة عن أورانوس بسبب بُعده، حتى عبّر على مقرّبه منه السابر الفضائي فوياجير ٢، فوجدّه عملاقاً غازياً بارداً ذا منظومة قمرية تضم ١٥ قمراً ويلفه ما لا يقل عن ١١ حلقة سوداء رقيقة القوام.



## بنية أورانوس

يُؤلف قلب أورانوس الصخري حوالي ربع كتلته وتُلف القلب طبقة من الماء والأمونيا والميثان في حالتي التجمّد والسائلة. أمّا الطبقة الخارجية فتألف من غازي الهيدروجين والهيليوم.

## الكوكب الأزرق

حتى بأفضل التلسكوبات الأرضية، لا يبدو أورانوس أكثر من كرة غازية ضبابية زرقاء، لأن الميثان في جوّه يعكس لوني ضوء الشمس الأزرق والأخضر. وقد بدأ الكوكب عبّر كاميرات فوياجير ٢٥ أيضاً كرة عديمة المعالم. لكنّ المعالجة الحاسوبية للصّور أظهرت أحياناً سحباً بيضاء من بلورات الميثان المتجمّد تحملها الرياح حول الكوكب.



## سطح أورانوس

لا ترتفع درجة الحرارة على سطح أورانوس فوق -٢٠٩°س؛ مع أن جوّه يثقل ما يتوقّر من الحرارة حوله، لأن ما يستقبله الكوكب من ضوء الشمس أقلّ بحوالي ٣٧٠ مرة ممّا تستقبله الأرض. وإذا قدّر لرائد أن يزور أورانوس، فسيجدّه بارداً جداً، وهو قد يغوص في جوّ الكوكب الخالي المُؤلّف من الهيدروجين والهيليوم والميثان.

## نتيحا

أقمار أورانوس أجرام قاتمة من الصخور والمثلد. ونيثيا، الذي تغطي سطحه أودية عميقة وفوهات بركانية، هو أكثرها.

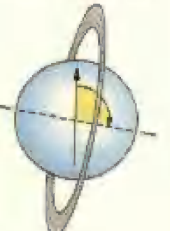


## أقمار أورانوس

خمس من أقمار أورانوس الخمسة عشر اكتُشفت من الأرض، أمّا العشرة الأصغر، فقد اكتشفتها كاميرات فوياجير ٢٥ عام ١٩٨٦. أبعد أقمار أورانوس يدعى أوبرون - وهو يدور على بُعد ٥٨٢٦٠٠ كم من الكوكب. أقمار أورانوس وخلقته تدور حول وسط الكوكب.

## كوكب مُجَنَّب

يبدو أورانوس قائماً على جانبه، ويُعتقد أن ميله هذا حدث خلال تجمع بقع القطع الضخمة التي كوّنته.



## صفحة من شكّرة هيرشل

### اكتشافات علمية

#### ١٧٨١ اكتشاف أورانوس

لم يكن الفلكي الألماني، وليام هيرشل، يبحث عن كواكب؛ لكن أثناء مراقبة روتينية في ١٣ آذار (مارس) عام ١٧٨١ اكتشف أورانوس. هذا الاكتشاف جعل الفلكيين يعتقدون بوجود كواكب أخرى غير مكتشفة.

#### ١٨٤٦ اكتشاف نيتون

احتشيب سوق نيتون لعدم انتظام في حركة أورانوس، فجرى البحث عنه حيث تُوقّع وجوده. وقد نجح بتحقيق ذلك جوهان جالي من ألمانيا في ٢٣ أيلول (سبتمبر) عام ١٨٤٦.

#### ١٩٣٠ اكتشاف بلوتو

الأمريكي كلايد تومبوغ اكتشف بلوتو عندما كان يُقارن صفائح فوتوغرافية في كانون الثاني (يناير) عام ١٩٣٠.

## لمزيد من المعلومات انظر

- النظام الشمسي ص ٢٨٣
- رُحل ص ٢٩١
- نيتون وبلوتو ص ٢٩٣
- الساير الفضائية ص ٣٠١
- حقائق ومعلومات ص ٤١٨

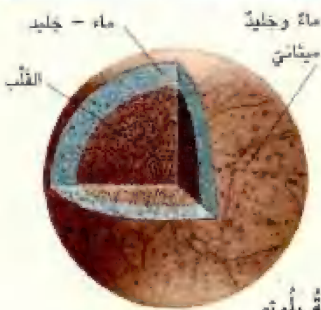
يبدو ميراندا، أحد أقمار أورانوس، كقزيع عشوائي من الفوهات العميقة والجروف الشامخة والسهول المنبسطة. وهي في شغلها بدهي قديمة؛ لكن، من المدهش أن بعضها أحدث عهداً بكثير.



# نِيتُون وِپْلُوتو

پلوتو

نِيتُون



## بنية پلوتو

يختلف تركيب پلوتو اختلافاً كبيراً عن تركيب الكواكب الخارجية الأخرى. فكتافته تُوحى بأن له قلباً صخرياً. وسطح الكوكب طبقة من صقيع الميثان قد تكون غطاءً لطبقة مائية جليدية دونهما.

## پلوتو

پلوتو، أصغر كواكب النظام الشمسي، لم تبلغه سواير الاستكشاف بعد. والمعروف أنه له قمرًا وحيداً يُسمى شارون يبلغ حجمه حوالي نصف حجم الكوكب. وهو قريبٌ منه نوعاً، وهذا يجعل من العسير فصل الجرمين بعضهما عن بعض عندما يُرصدان من الأرض.

## سطح پلوتو

إذا قُدر لرائد ستن الحظ الهبوط على پلوتو، فسيجده عالماً مُتجمداً مُحجاً حالك الظلمة. يبعد پلوتو عن الشمس قرابة أربعين مرة ضعف بُعد الأرض عنها، لذا قد يبدو الشمس منه مُجرّد نجم شديد السطوع فقط.



المدارات  
يدور پلوتو بشكل غريب - مداره أكثر ميلًا وأكثر استبطالة من مدار أي كوكب آخر - في الواقع، يكون پلوتو، في جزء من مداره، أقرب إلى الشمس من نِيتُون، بحيث يكون نِيتُون أبعد كوكب في النظام الشمسي خلال تلك الفترة.

## المدارات

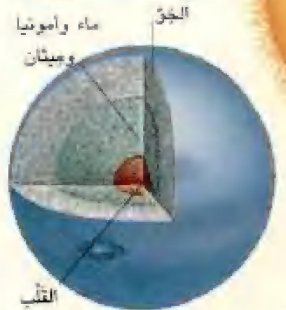
المدارات  
يدور پلوتو بشكل غريب - مداره أكثر ميلًا وأكثر استبطالة من مدار أي كوكب آخر - في الواقع، يكون پلوتو، في جزء من مداره، أقرب إلى الشمس من نِيتُون، بحيث يكون نِيتُون أبعد كوكب في النظام الشمسي خلال تلك الفترة.

## لمزيد من المعلومات انظر

النظام الشمسي ص ٢٨٣  
أورانوس ص ٢٩٢  
السواير الفضائية ص ٣٠١  
حقائق ومعلومات ص ٤١٨



يعتقد العلماء أن كتلة النظام الشمسي المحسوبة اكبر من الكتلة البنية فلكتا اليوم.



## بنية نِيتُون

نِيتُون ذو قلب صخري صغير يحيط به جُسم من الماء والأمونيا والميثان. ويتألف جُله من الهيدروجين والهيليوم والميثان؛ والميثان يُكبّ الكوكب لونه الشديد الزرق.

## نِيتُون

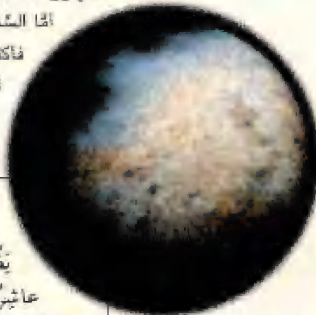
يُبين صُور فوياجير أن نِيتُون كوكب أزرق ترققته سُحب بيضاء من بلورات الميثان الجليدي. أما البقعة السوداء العظيمة في نصف الكرة الجنوبي من الكوكب فهي في الواقع عاصفة ضخمة تدور حوله.



نوريد، أحد أقمار نِيتُون

اكتُشف من الأرض اثنان من أقمار نِيتُون هما ترائيتون ونيريد، أما السبعة الأخرى فاكشفها فوياجير ٢.

فوياجير ٢



## أقمار نِيتُون

نصفاً كرة ترائيتون، أحد أقمار نِيتُون الثمانية، مُختلفان جداً. قطبه الجنوبي يحوي براكين ناشطة وتقسوة قرطلية من التروجين والجليد الميثاني، بينما قطبه الشمالي مُزرق كثير الأودية الضحلة.



# الكويكبات

لو جُمِعَتْ كُلُّ الكويكبات معًا لما كانت تُشكِّلُ إلا  
جُزءًا صغيرًا فقط من كتلة الأرض.

هل تعلمُ أنَّ هنالك ملايين الأجرام السيَّارة فعليًا في مداراتها حَوْلَ الشَّمْسِ؟ فإلى جانب الكواكب السَّبعة «الحقيقيَّة»، هنالك بضعة ملايين من الكويكبات - التي هي قطع صخرية تتراوح أحجامها من نَتْفٍ دَقِيقَةٍ من الغُبار إلى قطع يبلغُ قطرها بضعة مئاتٍ من الكيلومترات. ويدورُ معظمُ هذه الكويكبات في نطاقٍ مداريٍّ بين مداري المِرْيَخِ والمُشتري، وتسلُّكُ كويكباتٍ أخرى مداراتٍ مُختلفة. فمنذ القرن الثامن عشر بدأت الأدلَّةُ تتوافرُ لدى الفلكيين على وجودِ عالمٍ ضائع بين المِرْيَخِ والمُشتري. فبدأت حملةُ التفتيشِ باكتشافِ الكويكبِ الأوَّل والأكبر، سيريس، صدفةً عام ١٨٠١. وقد تمَّ حتى اليومَ قَهْرُسُهُ وتحديدُ مواقعِ أكثر من ٥٠٠٠ كويكب.

## النطاق

### (أو الحزام) الكويكبي

لقد تكوَّنت الكواكبُ الرئيسيَّة من نطاقِ الموادِ المحيطةِ بالشَّمْسِ الفتية، لكنَّ الموادَ في منطقةِ الحزامِ الكويكبي لم تكوَّنْ كوكبًا لأنَّ الجاذبيَّةَ الهائلةَ لكوكبِ المُشتري المجاور منعها من التَّكثُّلِ معًا.

## مدارات الكويكبات

معظمُ الكويكبات يدورُ حَوْلَ الشَّمْسِ في النطاقِ الكويكبي، فيما تدورُ مجموعاتٌ أصغرُ أخرى في مداراتٍ مُختلفة. فالمجموعةُ الطُروادية تتحرَّكُ على مسارِ المُشتري نفسه، بعضها أمامه وبعضها الآخرُ خلفه. أمَّا زُمرَةُ الكويكبات الأبولونية فمداراتُها تتقاطعُ مع مسارِ الأرض، ويدورُ كويكبُ ناه جِدًا يُدعى سيريس بين مداري زُحل وأورانوس، وهو، على ذلك البعد من الشَّمْسِ، يتألَّفُ من الجليد لا الصُّخر.

### تسمية الكويكبات

تُرَقِّعُ الكويكبات الحديثة الأوا، وتُسمَّى لاحقًا حسب اقتراحاتٍ شتَّى. ١٨٠١ اكتُشفَ الكويكبُ الأوَّل فأُعطي الرقم ١ وسُمِّي سيريس. ١٨٩١ أوَّل كويكب اكتُشف بالتصوير رقمه ٢٣٣ وسُمِّي إيريسيا. ١٩٧٧ اكتُشفَ الكويكبُ رقم ٢٠٦٠ وسُمِّي سيريس. مداره أبعدُ مدار معروفٍ للكويكب. ١٩٨٣ أوَّل كويكب اكتُشف بواسطة سفينة فضائية رقمه ٣٢٠٠، وسُمِّي فيلون.

### الصورة الكويكبيَّة الأولى

حتى العام ١٩٩١، قلَّتْ حُرَاسَةُ الكويكبات تعثيدًا أساسًا على التليسكوبات (المقاريب) الأرضية. ثمَّ في تشرين الأوَّل (أكتوبر) من تلك السنة، رصدَ السَّابرُ الفضائي، غاليليو، في طريقه إلى المُشتري كويكبًا يُدعى جاسيرا يقعُ على حافةِ النطاقِ الكويكبي، وصُوِّرَ - فكانت الصورةُ الأولى المأخوذة عن قُربٍ لأحد الكويكبات. وجاسيرا هو كويكبٌ صغيرٌ غير منتظم الشكل، يبلغُ قطره ١٢ كم ويدورُ حَوْلَ مَحْوَرِهِ دَوْرَةً واحدة كلَّ سبعِ ساعات.



شعظم الكويكبات غير منتظمة الشكل.

### أحجام الكويكبات

يستطيعُ الفلكيُّون احتسابَ حجمِ كويكبٍ ما بدراسة نُصُوعِهِ (كميَّة ما يعكسه من ضوء الشَّمْسِ)، أو بقياسِ زَمَنِ عُبُورِهِ قِبَالَةَ خَلْفِيَّةِ نَجْمٍ ما، أو بقياسِ السَّابِرِ إذا اقترَبَ من الأرض. أكثرُ الكويكبات حجمًا هو سيريس - إذ يبلغُ قطره ٩٩٣ كم، لكنَّ غالبيتها لا تتعدَّى ١٠٠ كم. والكثيرُ منها، بالمقارنة، يُقارَنُ متبًى ناطحاتِ السحاب (في الولايات المتحدة).



قُلِّدَ أصغر كويكبٍ شوهدَ من الأرض حتى الآن يُقاربُ ١٥٠ م. لكنَّ السَّوابِرَ الفضائية التي عززت النطاقِ الكويكبي اكتشفتُ كويكباتٍ لا يزيدُ قطرها على بضعةِ مليمترات.

### إليانور هيلن

قَضَتِ الفلكيَّةُ إليانور هيلن عدَّةَ سنواتٍ تكتشفُ الكويكبات وترسُمُ خرائطها - بِخاصَّةِ تلك التي كانت تقترِبُ من الأرض. تعملُ هيلن في كاليفورنيا حيث تقومُ بدراسيَّةٍ مُدَقِّقَةٍ لِلوَحَاتِ الفوتوغرافيَّة، باجتهٍ بين النجوم عن كويكباتٍ جديدة، وتسجِّلُ التحركَ السريعَ نسبيًا لِلكويكبِ قِبَالَةَ خَلْفِيَّةِ من النجوم البعيدة على لوحاتٍ فوتوغرافيَّةٍ مُقامَةٍ على تليسكوباتٍ خاصَّة.



### لزيد من المعلومات انظر

النظامُ الشَّمْسيُّ من ٢٨٣  
المِرْيَخُ من ٢٨٩  
المُشتري من ٢٩٠  
المذنباتُ والمذباتُ من ٢٩٥  
السَّوابِرُ الفضائية من ٣٠١



# المذنبات والنيازك

يبدو المذنب ككرة تلج هائلة متسخة تندفع خاطلة طريقها كالبرق حول أقاصي المنظومة الشمسية. إن بقايا السحابة التي كونت النظام الشمسي المتواجدة ما وراء مدار بلوتو، تحوي بلايين الكتل الجليدية المعروفة بالمذنبات. ومن حين لآخر يتزاح أحدُها عن مداره، نتيجةً ارتباطه إلى مسار نحو الشمس حيث يتجحر الجليد مُكوّنًا رأسًا ضخمًا وذنبًا طويلًا. وجمال أنطلاقه، يطرّح المذنب شفقًا صغيرة، تُشاهد من الأرض شهبًا ضوئية تُدعى النيازك. والفلكيون تواقون للحصول على عينة من مذنب لأنها ستكون بيئة دلالية من مولد النظام الشمسي.

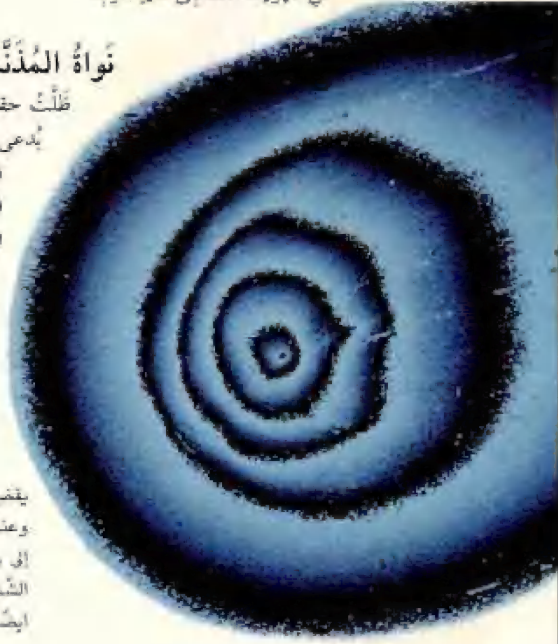


## نجوم شمراية

رُصدت المذنبات وسُجّلت على مدى آلاف السنين لكن كُتبت لم يترك على حقيقته دائمًا. فقد سُيِّت مرةً بالنجوم الشمراية، وكان المتطرون (المؤمنون بالمخالفات) يرون في ظهورها المفاجئ تدبير شوم.

## نواة المذنب

ظلت حقيقة نواة المذنب مجال تخمين الناس حتى مر سابر فضائي يُدعى جيويتو بمحاذاة نواة مذنب هالي عام ١٩٨٦. فأظهرت الصور المُبتعثة نواة عُسقلية (كحبة البطاطا) من الجليد المتصخر طولها ١٦ كم وعرضها ٨ كم؛ فكان ذلك أول تأكيد لمفولة إن المذنبات هي كرات تلجئة عملاقة متسخة (كما تنبأ بذلك العالم الأمريكي، فريد ويل، عام ١٩٤٩).



يقضي المذنب معظم حياته ككرة تلجئة متسخة. وعندما يقترب من الشمس يتحول تلجته المتجمد إلى راس غازي يُدعى ذؤابة، تكتشف إشعاعات الشمس إلى ذنب غازي - جازفة معه أيضًا ذيلًا من جسيمات الغبار.

المذنب وشت، كما بدا في ١٣ مارس عام ١٩٧٦.

كلما ابتعد المذنب عن الشمس يتناقص ذنبه حتى يعود ثانية ككرة تلجئة متسخة.

يتجه ذيل المذنب دائمًا بعيدًا عن الشمس. فإذا كان المذنب ينطلق بعيدًا عن الشمس قدّبه في شفقته.

مع اقتراب المذنب من الشمس، يبدأ بأطراح بعض من مادته. إن مذنب هالي سيذوّر حول الشمس ٢٣٠٠ مرة قبل أن يتلاشى تمامًا.

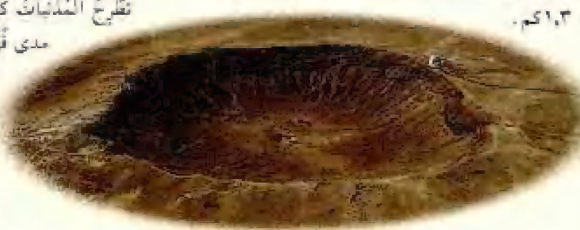
الشمس

ذنب غازي  
ذنب غازي

خلال شهر آب من كل عام، تعبر الأرض نطاقًا من الغبار هو مادة من بقايا مذنب «سوليت تاتل»؛ فيحدث ذلك وأبل الشهب الغرساوسية.

## وأبل شهب

تطرح المذنبات كميات هائلة من الغاز والغبار، ينجّمع منها على مدى قرابة الألف سنة حلقة ضخمة. فإذا مرّت الأرض عبر تلك الحلقة، يحترق الغبار في جوها، فيرى ذلك من الأرض وأبل شهب تيزيكية.



حفرة زيمية في أريزونا بالولايات المتحدة

## الرّجُم والنيازك

الرّجُم قطع صخرية قديمة بين كوكبية (من الكويكبات أو من شطوح الكواكب. مثلاً) تعبر إلى جو الأرض، فيحترق بعضها الأصغر شهبًا تيزيكية فيه، ويصلب بعضها الآخر بسطح الأرض رَجْمًا. معظم الرّجُم لا يتجاوز حجمها حجم قبضة اليد، لكن بعضها أكبر كثيرًا، فرجُم بارينجر الذي هبط في أريزونا، بالولايات المتحدة، أحدث حفرة قطرها ١,٣ كم.

## إدموند هالي

عمل العالم الإنكليزي، إدموند هالي (١٦٥٦ - ١٧٤٢)، في عدّة مجالات من الأبحاث الفلكية، لكنه اشتهر خاصة بأبحاثه حول المذنبات. بين هالي أنّ المذنبات التي رُصدت عامي ١٥٣١ و ١٦٠٧، والمذنب الذي شاهدته شخصيًا عام ١٦٨٢، هي في الواقع المذنب نفسه، وتنبأ بعودته أواخر عام ١٧٥٩، وهذا ما حصل بالفعل - كما ظهر المذنب أيضًا في الأعوام ١٨٣٥، ١٩١٠ و ١٩٨٦، ويُعرف بمذنب هالي. وكان هالي أول من بين أنّ مدارات بعض المذنبات تُعيدها دورًا إلى جوار الشمس.



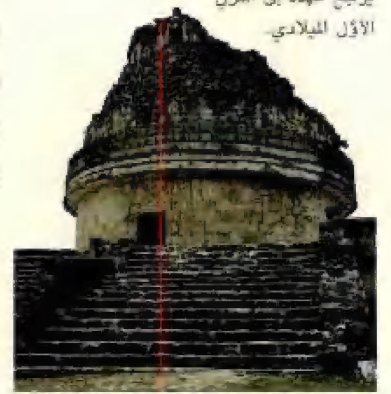
## لمزيد من المعلومات انظر

- النظام الشمسي ص ٢٨٣
- الكويكبات ص ٢٩٤
- حقائق ومعلومات ص ٤١٨



# عِلْمُ الْفَلَكِ

مُرْصَدُ الْمَلَا فِي تِكْسِكو  
يَرْجِعُ عُمُومَهُ إِلَى الْقَرْنِ  
الْأَوَّلِ الْمِيلَادِيِّ



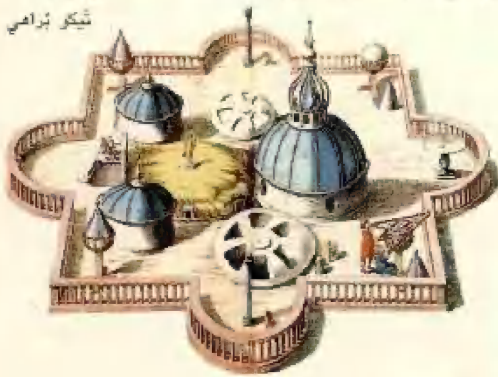
## عِلْمُ الْفَلَكِ الْقَدِيمِ

اعتقدت الحضارات العالمية القديمة في تقاوبها على حركة الأجرام في الفضاء، فاستخدمت مواقع الشمس والقمر في قياس الزمن - بالأيام والشهور والفصول والسنين. كما استخدمت الشمس والقمر والنجوم معالم هداية في السفر والملاحة بزا وبحرا، ولما كان إدراك طبيعة تلك الأجرام وتحرّكاتها قاصيرا اعتبرت بعض الظواهر الفلكية أحيانا تدبير شوم.

عِلْمُ الْفَلَكِ أقدم العلوم، فمنذ آلاف السنين حاول الإنسان تعرّف الفضاء وموقع الأرض فيه. وقد طوّر المصريون منذ ٤٠٠٠ سنة تقريبا يعتمد على حركة الأجرام السماوية - كما عرفوا الكسوف والخسوف. وقد حقق الإغريق منذ القرن السادس ق.م. إنجازات فلكية على يد أمثال طاليس وأرسطارخس واراتوسينس طوّرها الفلكيون العرب من أمثال البتاني والبيروني فيما بين القرنين الثامن والثاني عشر، كما يتبين من مئات التسميات الفلكية الدولية المعاصرة. ومنذ القرن السابع عشر تسارعت وتيرة الاكتشافات الفلكية حتى إن ما تعرّفناه عن الكون خلال القرن الحالي يفوق سائر ما عرفناه سابقا. فقد أصبح الفلكي اليوم عالما مختصا بمجال من عِلْمِ الْفَلَكِ لا شخصا يعمل في مجالات علمية متعددة.

مُرْصَدُ

تِكْسِكو بُرَاهِي



## استخدام التقنيات (التكنولوجية)

كان الفلكيون القدماء يعتمدون على ما يُجَاهِدُونَهُ بالعَيْنِ المُخَرَّدة. ففي القرن السادس عشر وضع تيكو براهي من مرصده أدق القياسات الممكنة للنجوم بالعَيْنِ المُخَرَّدة. ثم استخدم التلسكوب للمرة الأولى في القرن السابع عشر، وظل على مدى السنين أداة الفلكيين الأساسية. واليوم يُستعان بالتلسكوبات القادرة القدرة والشواطئ والشواير الفضائية، على اختلافها، لجمع المعلومات عن الفضاء. ومن ثم يُستخدم العلماء مُعَدَّات مُتَطَوِّرة مُعَقَّدة لدراسة المعلومات المُجمَّعة.

## أهداف جديدة طموحة

خلال القرن التاسع عشر تغيّرت أهداف عِلْمِ الْفَلَكِ. فتحوّل اهتمام الفلكيين من فهرسة النجوم وتحديد مواقعها وحركاتها إلى دراسة ماهية الأجرام الفلكية وطبيعتها (علم الفيزياء الفلكية). ففي السبعينيات من القرن التاسع عشر، حلّ الفلكي البريطاني، وليام هيجنز، أضواء النجوم (الأطياف)؛ وسرعان ما كرّس الفلكيون جهودهم في متابعة هذا العمل، ففسّخوا النجوم تبعا لأطيافها.



يستخدم الفلكيون

الحواسيب في تحليل

المسور واحتساب المدارات

والتحكم في المعدات المختلفة

كالتلسكوبات والشواطئ

والشواير الفضائية.

## عِلْمُ الْفَلَكِ الْحَدِيثِ

ما إن يتوسّل الفلكيون إلى إيجاد الأجوبة عن بعض تساؤلاتهم، حتى تُحلّ محلّها تساؤلات جديدة. فمن المُسلّم به الآن علّا أنّ بداية الكون تُثبّت بالانفجار العظيم؛ لكن كيف تجلّت مواد ذلك الانفجار معا لتكون المُخَرَّات؟ يستطیع العلماء اليوم مُعالِجة أمثال هذه المسائل بسرعة أكبر بواسطة الحواسيب - فهذه، تُحلّ المسائل الرياضية المُعَقَّدة، التي كانت تستغرق أسابيع منذ مئة سنة، في غضون ساعات. كما تُنكّر الحواسيب الفلكيين، حول العالم، من التواصل معا ليطافروا جهودهم في فهمنا للكون.

## يوهانس كبلر

الفلكي الدانماركي، تيكو براهي (١٥٤٦-١٦٠١)، قضى سنوات عديدة في فهرسة النجوم والكواكب وتحديد مواقعها بدقة فائقة. فمكّنت أبحاثه الدقيقة للكواكب مُسَاعَدَهُ يوهانس كبلر (١٥٧١-١٦٣٠) من التوصل إلى قوانينه الفلكية الثلاثة المهمة في كشف طبيعة حركاتها ففأولها الأول يصف أشكال مدارات الكواكب؛ وقانونه الثاني يحدّد سرعة الكواكب في مداراتها. وقانونه الثالث يبيّن علاقة المدارات الكوكبية المختلفة بعضها ببعض.



## لزيد من المعلومات انظر

النجوم من ٢٧٨

الكوكبات (الأبراج) من ٢٨٢

النظام الشمسي من ٢٨٣

الشمس من ٢٨٤

التلسكوبات على الأرض من ٢٩٧

التلسكوبات في الفضاء من ٢٩٨

الشواير الفضائية من ٣٠١



# التليسكوبات على الأرض

مُؤَثِّث هالي ١٩١٠



قَبْلَ اختراع التليسكوب (المِقْرَاب)، كانت الوسيلة الوحيدة لِرَصد الكَوْنِ هي العَيْنُ المُجَرَّدة. ومنذُ استُخدِمَ غاليليو التليسكوب لِلْمَرَّةِ الأولى لِرَصدِ الأَفلاكِ عام ١٦٠٩، أخذَ الفلكيُّونَ يُجِدُّونَ أبصارَهُم أبعدَ فأبعدَ في أرجاءِ الفَضاء؛ فاستطاعوا رؤيةَ تفاصيلٍ دقيقةٍ من سَطُوحِ الكواكبِ ومُشاهدةَ الكثيرِ من النُجُومِ التي لم تكن تُرى فيما مَضَى. وقد استُخدِمتِ التليسكوباتُ الأولى عَدَسَاتٌ لِتُجَمِّعَ ضوءَ النُجُومِ فمُعرِّفَتِ بالتليسكوباتِ الكاسِرة. أمَّا التي تستخدمُ المرايا بَدَلِ العَدَسَاتِ فَتُسمَّى التليسكوباتِ العاكِسة. ولِلتليسكوباتِ الحديثةِ مُلْحَقَاتٌ تُمكنُها من أخذِ القياساتِ وتحليلِ ضوءِ النُجُومِ. ولا يَزَالُ التليسكوبُ الصَّديقُ المُفضَّلُ عِندَ الفلكيِّينَ.

## الصُّورُ التليسكوبية

بدأَ التقاطُ الصُّورِ من الفضاءِ فوتوغرافيًا (كصُورِ السُّلَّيَّاتِ مثلاً) منذُ أوائلِ عَهدِ التصويرِ الفوتوغرافي. واليوم، يُلَقِّطُ الفلكيُّونَ الصُّورَ من خلالِ التليسكوباتِ، فتُسَجَّلُ الصُّورةُ على رَقِيقَةٍ إلكترونيَّةٍ أو لَوْحَةٍ فوتوغرافيَّةٍ، وقد تُستخدَمُ الحواسِبُ في إيرادِ تفاصيلِها.

## المَراصد

تُطلَبُ التليسكوباتُ مُباني مُناسبةٌ تُدعى مَراصدَ. وتُقامُ هذه المَراصدُ عادةً على قِمَمِ الجِبَالِ، حيثُ يَتَسَنَّى لِلتليسكوبِ الحُصُونُ على المَناظرِ الأفضلِ لِلفضاءِ - بعيدًا عن أضواءِ المُدنِ ومُتجاوزًا الكثيرَ من التأثيراتِ المُعيقَةِ في جَوِّ الأرضِ.

نَجْمٌ في سماءِ الطَّبَقِ العاكِسِ الضَّخْمِ  
لِلتِسكوبِ أريسيبو الراديوي.



## التليسكوباتُ الراديوية

لِجَمْعِ الأمواجِ الالاسلكيةِ من الفضاءِ، يُستخدَمُ الفلكيُّ تليسكوبًا راديويًا، يعملُ كالتليسكوباتِ البصريَّةِ (التي تُجمِّعُ الضوءَ) - فيُرجَعُ حَقِيقَةُ نحوِ الفضاءِ لِتُجمِعَ الأمواجَ وتُبيِّنَها. ولَمَّا كانت الأمواجُ الالاسلكيةُ أطولَ أمواجًا من الضوءِ، وجِبَ أن يكونَ التليسكوبُ الالاسلكيُّ أكبرَ بكثيرٍ من التليسكوبِ البصريِّ لِيجَمِّعَ كَميَّةَ المعلوماتِ ذاتِها. ويوجدُ التليسكوبُ ذو الطَّبَقِ الأحاديِّ الأكبرُ في العالمِ في أريسيبو، بورتوريكو. وقد أُقيمَ طَبَقُهُ البالغُ قُطرَهُ ٣٠٥ أمتارَ فوقَ تجويفٍ طبيعيٍّ في الأدغالِ. ففي أثناءِ دورانِ الأرضِ لِوِجْهِ الطَّبَقِ أَسَاسًا مُختلفَةً من السَّماءِ.

لِزِيْدِ مِنَ العُلُومَاتِ أَنْظِرْ
الانعكاس من ١٩٤
العَدَسَاتِ من ١٩٧
الآلاتُ البصريَّةُ من ١٩٨
التليسكوباتُ في الفضاءِ من ٢٩٨



يُلقِ مِرْصَدُ سِيرُو تُولولو  
(لعموم أمريكا) على  
سلسلةِ جبالِ الأنديزِ.

التليسكوباتُ ضخمةٌ  
جداً وباهظةُ التكلفةِ  
بحيثُ تشتركُ عدَّةُ  
دُولٍ في بِناءِ واحدٍ  
منها وأستخدامِها.

صورةٌ بالراديو لِسديمِ  
الشرطانِ المُتَمَطِّطِ بواسطةِ  
المِقْرَابِ الراديويِّ الكبيرِ  
المُنْعَدِّبِ الأطباقِ في  
نيو مكسيكو.

## الإِطلاءُ على الماضيِ السَّحيقِ

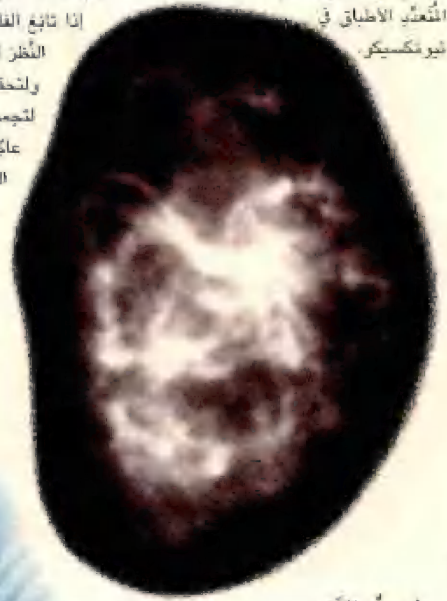
إذا تابعَ الفلكيُّونَ رَصدَ الأجرامِ البعيدةِ أكثرَ فأكثرَ، فقد يستطيعونَ النَّظَرُ إِبْدَ فَاِبْدَ في الماضيِ السَّحيقِ - رُبَّمَا نحوَ بدايةِ الكَوْنِ ذاتِها. ولتحقيقِ ذلكِ يحتاجونَ إلى تليسكوباتٍ ذاتِ مَرايا كبيرةٍ جدًا لِتُجمِعَ الضوءَ. ويضُمُّ مِرْصَدُ سِيرُو تُولولو في الشَّيْبِلِ تليسكوبًا عاكِسًا ذا مِراةٍ ضخمةٍ يَبلغُ قُطرُها ٤ أمتارَ. ولَمَّا كانَ من الصَّعْبِ صُنْعُ مِراةٍ أكبرَ (لأنَّ الرُّجَاجَ يَنكسرُ)، فقد طُوِّرَتِ بعضُ التليسكوباتِ المُعدَّنةِ المِرايا، وهي تُستخدَمُ لِمُجمِعاتِ من المِرايا الصَّغيرةِ المُتضائِلةِ بحيثُ تُعَادِلُ قُدْرَتُها، على تجميعِ الضوءِ، قُدْرَةَ مِراةٍ ضخمةٍ جدًا.

## تليسكوباتُ تعملُ معًا

يُمكنُ ضمُّ عدَّةِ تليسكوباتٍ صغيرةٍ لِتَعملَ معًا كتليسكوبٍ ضَخْمٍ. ويُقدِّمُ حاسِبٌ يَضمُّ المعلوماتَ التي يُنتِجُها كُلُّ طَبَقٍ. وتُعرفُ هذه التَّقْنِيَّةُ بِعلمِ القياسِ بالتَفاعُلِ الضوئيِّ. وقد استُخدِمتِ لِلْمَرَّةِ الأولى في السَّيِّئَاتِ من القرنِ العِشرينِ. وجدَّيْنا بِالذِّكْرِ أنَّ أكبرَ تليسكوبٍ راديويٍّ (الاسلكيِّ) من هذا الصَّيْغِ يُستخدَمُ

أطباقًا مُتعدِّدةً  
في قَارَاتٍ مُختلفَةٍ!

في نيومكسيكو، يُستخدَمُ  
المِقْرَابُ الراديويُّ الكبيرُ المُنْعَدِّبُ الأطباقِ  
صَفيقَةً من ٢٧ طبقًا قُطرُ الواحدِ منها ٢٥ مترًا.



## صورةٌ بالراديو

اكتُشِفَتِ أمواجُ الفضاءِ الراديويةِ (السَّيَّئَاتُ) أحيانًا أضواءً الالاسلكيةَ عام ١٩٣١. لكنَّ إقامةَ التليسكوباتِ الراديويةِ (الالاسلكيةِ) واستِخدامِها نَاقِرًا حتى أواخرِ العَقدِ التالي. في هذه التليسكوباتِ نُحوِّلُ الأمواجَ الراديويةَ إلى إشاراتٍ كهربائيةٍ يُمكنُ استِخدامِها لِتَاليِبِ صُورِ مُصابِرها.



# التلسكوبات في الفضاء

يَحْبُبُ جَوُّ الأرض العديدَ من الإشعاعات، فَبَقِيَتْ مِنْهَا كَمَا تَقِي النُّظَارَاتُ الشَّمْسِيَّةَ أَعْيُنَنَا. وهذا الجَوُّ يَمُرُّ بالضوء، لكنَّ الضوءَ أَيْضًا يَتَأَثَّرُ بِهِ - فَتَبْدُو الصُّورُ غَيْشَةً والنُّجُومُ لَأَلَاءَةً؛ وهي في الواقع مُطَرَّدَةٌ السُّطُوعِ. لَذا أَخَذَ الفَلَكَايُونُ مُنْذُ مُتَشَقِّفِ القَرْنِ العِشْرِينَ يَبْعَثُونَ التِّلِسْكَوبَاتِ إِلَى الفَضَاءِ لِلْحَصُولِ عَلَى صُورٍ وَمُشَاهِدٍ أَفْضَلَ لِلْأَفْلاكِ مِنْ حَوْلِنَا. كما إِنَّ التِّلِسْكَوبَاتِ فِي الفَضَاءِ تَلْتَقِطُ مُشَاهِدَ لِّلْكُونِ لَا يُمَكِّنُ مُشَاهَدَتَهَا مِنَ الأرض؛ وتَعْمَلُ هَذِهِ التِّلِسْكَوبَاتُ لَيْلَ نَهَارٍ - تُسَجِّلُ المَعْلُومَاتِ وَتُرْسِلُهَا إِلَى

الأرض لِتُحَلَّلَ وتُدْرَسَ. ثُمَّ إِنَّ التِّلِسْكَوبَاتِ تُمَكِّنُنَا مِنْ تَفْخِصِ الفَضَاءِ بِأَجْهَازٍ حَسَّاسَةٍ لِمُخْتَلِفِ الأشعَّةِ السَّيْنِيَّةِ مِنْهَا وَفَوْقَ البَنْفَسِيَّةِ والأشعَّةِ دُونَ الحُمْرَاءِ.



المُحَاوَلَاتُ الأُولَى

جِلَالَ التِّلَاثِيَّاتِ والأَرَبَعِيَّاتِ مِنَ القَرْنِ العِشْرِينَ كَانَتْ المَنَاطِقُ إِحْدَى الوَسَائِلِ القَلِيلَةِ لِخَطْمِ الأَجْهَازِ العِلْمِيَّةِ إِلَى الفَضَاءِ: وَكَانَتْ الصَّوَارِيخُ الجَيَّازِ الأُخَرِ. وَهِيَ - مَتَى خَلَقَتْ إِلَى ارْتِفَاعٍ كَافٍ، يَنْتَقِي لَهَا خِلَالَ دَقَاقَتَيْنِ قَلِيلَةٍ لِسَجْلِ مُشَاهِدٍ كَظَمٍ لِلشَّمْسِ مِثْلًا بِالأشعَّةِ السَّيْنِيَّةِ، قُبْلَ سُقُوطِهَا عَائِدَةً إِلَى الأرضِ.

يَنْتَقِصُ جَوُّ الأرضِ إِلَى طَبَقَاتٍ مُخْتَلِفَةٍ هِيَ: الغِلَافُ المُغْلَوِي (الْتَرُوبُوسْفِير)، والغِلَافُ الطَّبَقِي (الْسْتَرَاتُوسْفِير)، والغِلَافُ المُتَوَسِّطُ (الْمِيُوسْفِير) والغِلَافُ الحَرَارِي (الْتَرْمُوسْفِير)؛ وَتَحْتَهُ الأَغْلَافُ المُخْتَلِفَةُ لِإِشْعَاعَاتٍ مُخْتَلِفَةٍ.

يَحْصُلُ الغِلَافُ الحَرَارِي إِشْعَةً جَامَا ذَاتَ الأَطْوَالِ المَوْجِيَّةِ القَصِيرَةِ.

الأشعَّةُ السَّيْنِيَّةُ

الأشعَّةُ غَوِيَّةُ البَنْفَسِيَّةِ

## صُورٌ بِالأشعَّةِ دُونَ الحُمْرَاءِ

إِنَّ بَعْضَ الأشعَّةِ دُونَ الحُمْرَاءِ تَصِلُنَا مِنَ الفَضَاءِ الخَارِجِي. تَكُونُهَا تَتَدَاخَلُ مَعَ الأشعَّةِ دُونَ الحُمْرَاءِ الَّتِي تَلْتَقِطُهَا الأرضُ نَفْسُهَا. لَذا، يُقْضَلُ الفَلَكَايُونُ وَضْعَ تِلِسْكَوبَاتِ الأشعَّةِ دُونَ الحُمْرَاءِ فِي الفَضَاءِ - حَيْثُ يَسْتَطَاعَتَانِ كَثْفُ المَصَادِرِ الحَرَارِيَّةِ الَّتِي لَا تَبْصُرُهَا التِّلِسْكَوبَاتُ الصَّوْتِيَّةُ.

طَبَقَةُ الغِلَافِ الحَرَارِي المُغْلَوِي

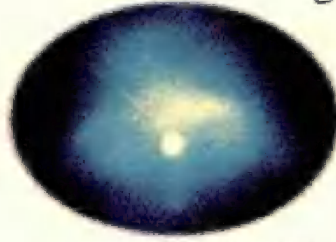
## الإشعاع

أَمْوَاجُ الضَّوئِ هِيَ إِحْدَى أَنْوَاعِ الإِشْعَاعَاتِ العَدِيدَةِ الَّتِي تُبْعَثُهَا الأَجْزَاءُ الفَضَائِيَّةُ. وَالْأَنْوَاعُ الأُخَرَى ذَاتُ أَطْوَالِ

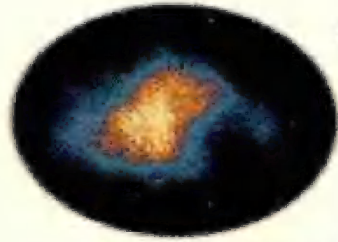
مَوْجِيَّةٍ مُخْتَلِفَةٍ. فَالأَمْوَاجُ الرَّادِيُوتِيَّةُ، مِثْلًا، ذَاتُ طُولٍ مَوْجِيٍّ تَقْوَى طَوَلُ أَمْوَاجِ الضَّوئِ؛ بَيْنَمَا الأَطْوَالُ المَوْجِيَّةُ لِلْأَشعَّةِ السَّيْنِيَّةِ أَقْصَرُ. وَلَيْسَ كُلُّ هَذِهِ الإِشْعَاعَاتِ قَادِرَةً عَلَى اخْتِرَاقِ جَوِّ الأرضِ لِيَلْبِغَ سَطْحُهَا - فَمُعْظَمُ الضَّوئِ وَبَعْضُ الأشعَّةِ دُونَ الحُمْرَاءِ قَادِرَةٌ عَلَى ذَلِكَ، أَمَّا أَشْعَةُ غَامَا، فَلا. إِذَا رَغِبَ الفَلَكَايُونُ نَجْمِجَ مِثْلِ هَذِهِ الأشعَّةِ (الَّتِي لَا تَسْتَطِيعُ اخْتِرَاقُ جَوِّ الأرضِ) فَعَلَيْهِمْ إِرسَالُ مُعْذَاتِهِمْ إِلَى الفَضَاءِ الخَارِجِي لِذَلِكَ.

طَبَقَةُ الغِلَافِ المُتَوَسِّطِ المُغْلَوِي  
يَشْعِي جَمْعُ الأَمْوَاجِ الرَّادِيُوتِيَّةِ (الْأَسْلَكِيَّةِ) الطَّوِيلَةِ فِي الفَضَاءِ. الأَمْوَاجُ الرَّادِيُوتِيَّةُ القَصِيرَةِ تَصِلُ إِلَى الأرضِ. طَبَقَةُ الأَوُزُونِ  
يَحْصُلُ الغِلَافُ الجَوِّي السُّفْلِيُّ الأَمْوَاجَ تَحْتَ الحُمْرَاءِ؛ لَكِنْ قَلَّةٌ مِنْهَا تَخْتَرُقُ الجَوَّ إِلَى الأرضِ حَيْثُ التِّلِسْكَوبَاتُ الكَثِيرَةُ جَائِزَةٌ لِتَجْمِيعِهَا. تَصِلُ أَمْوَاجُ الضَّوئِ إِلَى الأرضِ، لَكِنْ تَسْمِيحًا عَنِ الجَوِّ يُؤَثَّرُ فِيهَا.

سَطْحُ الأرضِ  
الغِلَافُ الطَّبَقِي المُغْلَوِي  
أَعْرِ الغِلَافِ السُّفْلِي



صُورَةٌ لِتَدِيمِ الشَّرْطَانِ بِالأشعَّةِ السَّيْنِيَّةِ (أَشْعَةُ إِنْخَس)



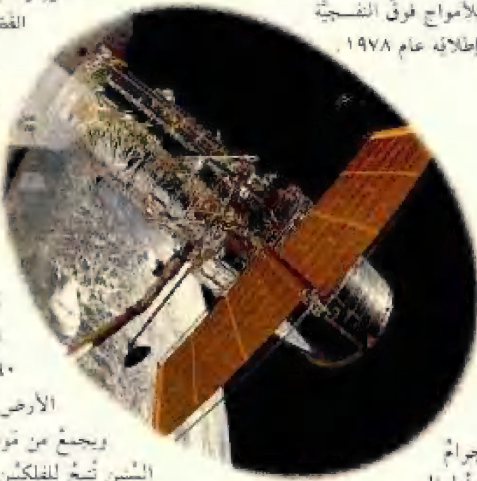
صُورَةٌ لِتَدِيمِ الشَّرْطَانِ بِالأشعَّةِ غَوِيَّةِ البَنْفَسِيَّةِ



صُورَةٌ لِتَدِيمِ الشَّرْطَانِ بِالأشعَّةِ دُونَ الحُمْرَاءِ

## صُورٌ بِالأشعَّةِ فَوْقَ البَنْفَسِيَّةِ

غَايِبَةُ الأشعَّةِ فَوْقَ البَنْفَسِيَّةِ يَنْتَظِعُهَا جَوُّ الأرضِ (وَالْقَلِيلُ مِنْهَا يَخْتَرُقُهَا فَيَكُونُ أَجْسَادُنَا مُعْرَضةً لِلشَّمْسِ). وَقَدْ أَطْلَقَتْ سَرَائِلُ تَلَجِيعِ الأَمْوَاجِ فَوْقَ البَنْفَسِيَّةِ لِلْمَرَّةِ الأُولَى فِي السَّيْنِيَّاتِ مِنَ القَرْنِ العِشْرِينَ. وَلَا يَزَالُ السَّائِلُ العَالَمِيُّ يُسْتَكْتَفِ لِلْأَمْوَاجِ فَوْقَ البَنْفَسِيَّةِ يُسْتَعْمَلُ مُنْذُ إِطْلَاقِهِ عَامَ ١٩٧٨.



## تِلِسْكَوبُ هَبِل

أُطْلِقَ تِلِسْكَوبُ هَبِلِ فِي ١٩٩٠. وَهُوَ يَدُورُ حَوْلَ

الأرضِ عَلَى عُلوٍّ ٥٠٠ كم. وَيَجْعُ مِنْ مَوْقِعِهِ صُورًا مِثْلَ مِلْيُونِ الشَّمْسِ تُبْعَثُ لِلْفَلَكَايُونِ فُرْصَةً الإِصْلَاحِ عَلَى تَكُونِ الكَوْنِ الفَنِيِّ بَعْدَ الإِصْفَارِ العَظِيمِ. وَيَقُومُ عَلَى صَيَالَةِ هَذَا التِّلِسْكَوبِ فِي الفَضَاءِ دُورِيًّا رُؤَادٌ مِنَ النُّجُومِ الفَضَائِيِّ.

## لِمَزِيدٍ مِنَ المَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- القَلْبُ الكَهْرِبَقُطْبِي ص ١٩٢
- الْأَلَاثُ البَصْرِيَّةُ ص ١٩٨
- الجَوُّ ص ٢٤٨
- التِّلِسْكَوبَاتُ عَلَى الأرضِ ص ٢٩٧
- الصُّورَايِخُ ص ٢٩٩
- السَّوَاتِلُ (الْأَقَامِرُ الصَّانَعِيَّةُ) ص ٣٠٠

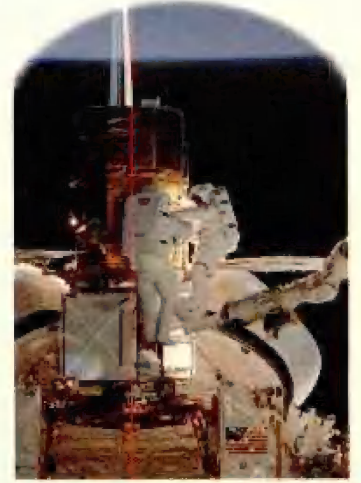


## الإيمان في القضاء حص



# السَّوَاتِلُ (الأَقْمَارُ الصَّنَاعِيَّةُ)

تَصَوَّرْ أَنَّ رَقِيماً يُبْطَلُ عَلَى الْأَرْضِ مِنْ عَلٍ وَيُرَوِّدُنَا بِمَعْلُومَاتٍ عَنِ الْقَلْبَسِ أَوْ يُحَدِّدُ لَنَا مَنَاطِقَ تَوَاجُدِ الْقُرَارَاتِ الْمَعْدِنِيَّةِ. هَؤُلَاءِ الرُّقِيَاءُ أَصْبَحُوا حَقِيقَةً وَاقِعَةً الْيَوْمَ بِفَضْلِ السَّوَاتِلِ فِي مَدَارَاتِهَا مَعَ الْأَرْضِ أَوْ حَوْلَهَا. وَهَذِهِ السَّوَاتِلُ مُخْتَلِفَةٌ مُتَعَدِّدَةٌ الْأَنْوَاعِ مُصَمَّمَةٌ لِأَدَاءِ مِهْمَاتٍ مُتَبَايِنَةٍ. فَبَعْضُهَا يُوقِرُ لَنَا التَّوَاصُلَ التَّلْفُونِيَّ الْفَوْرِيَّ، وَبَعْضُهَا الْآخَرُ يُبَيِّنُ لَنَا مُرَاقِبَةَ الْأَحْدَاثِ الْجَارِيَةِ فِي الْعَالَمِ عَلَى شَاشَاتِ أَجْهَرَتِنَا التَّلْفُزِيَّةِ مُبَاشَرَةً. وَالسَّوَاتِلُ الْمِلاحِيَّةُ تُسَاعِدُ السُّفُنَ وَالطَّائِرَاتِ فِي تَحْدِيدِ مَوَاقِعِهَا بِدِقَّةٍ؛ كَمَا يَسْتَخْدِمُ الْفَلَائِكِيُّونَ سَوَاتِلَ خَاصَّةً لِاسْتِكْشَافِ أَقْصَايِ الْكَوْنِ الْفَاسِحِ. إِنَّ الْمَجَالَ الْفَضَائِيَّ حَوْلَ الْأَرْضِ أَخَذَ يَزْخَرُ بِالسَّوَاتِلِ الْمُتَزَايِدَةِ الدَّائِرَةِ حَوْلَ الْأَرْضِ وَمَعَهَا فِي رِحْلَتِهَا عَبْرَ الْفَضَاءِ.



## إِصْلَاحُ السَّوَاتِلِ

مَاذَا لَوْ طَرَأَ عَطَلٌ مَا عَلَى السَّاتِلِ فِي مَدَارِهِ؟ الْجَوَابُ بِمَلْخَصٍ فِي أَنْ إِصْلَاحَهُ مُمَكِّنٌ. إِذَا كَانَ الْعَطَلُ بَسِيطًا قَامَ الرُّؤَادُ بِإِصْلَاحِهِ فِي الْفَضَاءِ. أَمَّا إِذَا كَانَ الْعَطَلُ أَسَاسِيًّا، فَيَعَادُ السَّاتِلُ إِلَى الْأَرْضِ حَيْثُ يُصْلَحُ وَيُعَادُ إِطْلَاقُهُ. قَبْلَ تَشْرِينِ الثَّانِي (نُوفَمْبَرٍ) عَامَ ١٩٨٤، اسْتَعَادَ طَائِقَةُ الْمَكُونِ الْفَضَائِيَّ، دِيَسْكُفْرِي، سَاتِلَ اتِّصَالَاتٍ لِمَعَادِيَّةٍ وَأَعَادُوهُ إِلَى الْأَرْضِ.



الْمَدَارُ اللَّاتَمَرَكُزِي: السَّاتِلُ الْمُسَمَّى لِقِيَاسِ فَجَالِي الْأَرْضِ الْمُقْتَلِبِيَّ وَالْكَوْبَرِيَّ يُسْتَخْدَمُ مِثْلَ هَذَا الْمَدَارِ لِتَسْجِيلِ الْقِيَاسَاتِ عَلَى أَيْعَافٍ مُخْتَلِفَةٍ مِنَ الْأَرْضِ.

الْمَدَارُ الْقُطْبِيَّ (الْمَدَارُ حَوْلَ قُطْبِي الْأَرْضِ) سَوَاتِلُ وَضْعِ الطَّقْسِ تَدُورُ عَادَةً فِي هَذَا الْمَدَارِ حَيْثُ يُمَكِّنُهَا مَسَاحُ كَابِلِ الْأَرْضِ اثْنَاءَ تَدْوِيئِهَا حَوْلَ مِقْوَرِهَا.

## الْمَدَارَاتُ

يَتَوَقَّفُ مَسَارُ السَّاتِلِ

حَوْلَ الْأَرْضِ عَلَى

الْمِهْمَةِ الْمُتَوَقَّظَةِ بِهِ.

فَالْمَدَارُ الْأَرْضِيُّ

الْإِسْتِقْرَائيُّ، مِثْلًا، يَرْتَفِعُ

٣٥٨٨٠ كِمَ فَوْقَ خَطِّ

الْإِسْتِوَاءِ؛ وَالسَّوَاتِلُ فِي هَذَا

الْمَدَارِ تُكْمِلُ دَوْرَةً وَاحِدَةً حَوْلَ الْأَرْضِ فِي

الْوَقْتُ ذَاتِهِ الَّذِي تُكْمِلُ فِيهِ الْأَرْضُ دَوْرَةَ

وَاحِدَةً حَوْلَ مِقْوَرِهَا. وَهَكَذَا يُظَلُّ السَّاتِلُ مُسْتَقْبَرًا فَوْقَ

النَّقْطَةِ ذَاتِهَا عَلَى الْأَرْضِ؛ وَهَذَا ضَرْوِيٌّ لِلْسَّوَاتِلِ

التَّلْفُزِيَّةِ.

## الْمُسْتَكْبِفُ فَوْقَ

## الْبَشَرِيَّ الدَّوْلِيَّ

سَاتِلٌ فَلَكِّيٌّ أُطْلِقَ عَامَ ١٩٧٨ لِإِدْرَاسَةِ الْإِشْعَاعَاتِ فَوْقَ الْبَشَرِيَّةِ الْأَكْبَى مِنَ الشُّجُومِ وَالْمَخْرَبَاتِ فِي الْفَضَاءِ. وَكَانَ يُتَوَقَّعُ أَنَّهُ إِنْ تَسْتَبْرَأَ ثَلَاثَ سَنَوَاتٍ فَقَطْ، لَكِنَّهُ مَا زَالَ دَائِرًا يَعْمَلُ حَتَّى الْيَوْمِ. وَتَسْتَعْرِقُ إِرسَالُ الصُّورَةِ مِنْهُ إِلَى إِحْدَى الْمَحْطَّاتِ الْأَرْضِيَّةِ الْمُنْبَتِّينَ ثَرْوَاتِهَا (الْأُولَى فِي أَمْرِيكَا، وَالثَّانِيَّةُ فِي إِسْبَانِيَا) لِسَانِي دَقَاقَتٍ.

## طَبَقُ اسْتِقْبَالِ سَاتِلِيٍّ

مَا إِنْ يَبْلُغُ السَّاتِلُ الْفَلَائِكِيَّ مَدَارَهُ حَتَّى يَبْدَأَ عَمَلُهُ. فَتَعَلَّجَ الْمَحْطَّاتُ الْأَرْضِيَّةُ مُرَاقِبَةَ تَحَرُّكَاتِهِ وَلَمَعِدَةً تَوَجُّهَهُ عِنْدَ الصَّرُورَةِ؛ كَمَا تَسْتَقْبِلُ مِنْهُ الْمَعْلُومَاتِ وَتَعَالِجُهَا لِإِطْلَاقِ الْعِلْمَاءِ. وَتَجْمَعُ الْأَشْرَارَاتُ الَّتِي يُبْثِّلُهَا السَّاتِلُ بِوَاسِطَةِ أَطْبَاقٍ عَلَى الْأَرْضِ تُشَبِّهُ أَطْبَاقَ السَّوَاتِلِ التَّلْفُزِيَّةِ، لَكِنَّهَا أَكْبَرُ كَثِيرًا.



سَبُوتْنِيك ١٠ - كُرَّةٌ مِنَ الْإِلْمُونِيُومِ قَطْرُهَا ٥٨ سَمَ.

## سَبُوتْنِيك

وَضَعَتْ رُوسِيَا أَوَّلَ قَنَرٍ صِنَاعِيٍّ فِي مَدَارٍ حَوْلَ الْأَرْضِ فِي تَشْرِينِ الْأَوَّلِ (أَكْتُوبَر) عَامَ ١٩٥٧، فَاسْتَكْشَفَتْ جَوَّ الْأَرْضِ جِلَالِ فِتْرَةِ دَوْرَاتِهِ الْقَصِيرَةِ فِي الْفَضَاءِ. وَلَمْ يَمُضْ شَهْرٌ وَاحِدٌ حَتَّى أُطْلِقَ سَبُوتْنِيك ١٢، وَكَانَ عَلَى مَنْتِهِ الْكَابِلَةُ لِإِيكَا - أَوَّلُ كَانِهٍ خَيَّ يَزُورُ الْفَضَاءَ.

## لَمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- الْإِتِّصَالَاتُ الْبَعَادِيَّةُ ص ١٦٢
- الْإِنْعِكَاسُ ص ١٩٤
- رُضْدُ الْقَلْبَسِ ص ٢٧٢
- الْبَيْسُكُوبَاتُ فِي الْفَضَاءِ ص ٢٩٨
- الصُّورَايِجُ ص ٢٩٩
- السَّوَاتِلُ الْفَضَائِيَّةُ ص ٣٠١



# السَّوَابِرُ الْفَضَائِيَّةُ

ثِقَاتُ الْمَغْنِطُوسَتَاتِ (مَقَابِيسُ شِدَّةِ الْحَالَاتِ الْمَغْنِطِيسِيَّةِ) عَلَى عُمُودٍ طَوَّلُهُ ١١ مِ تَتَجَلَّى التَّدَاخُلُ مِنْ أَجْهَزَةِ الرِّكَابَةِ الرَّئِيسِيَّةِ.

## السَّابِرُ غَالِيلِيو

أُطْلِقَ السَّابِرُ الْفَضَائِيُّ غَالِيلِيو عام ١٩٨٩ وقد بَلَغَ المُشْتَرِي بعدَ سِتِّ سَنَوَاتٍ. لَكِنَّ الْجُزْءَ الْأَكْبَرَ مِنَ الْمَرْكَبَةِ - وَهُوَ الْعَرَبَةُ الْمَدَارِيَّةُ - تَسْتَعْرِفُ سَتَيْنِ إِضَائِيَّتَيْنِ لِيَدُورَ حَوْلَ الْكُوكَبِ وَأَقْمَارِهِ الرَّئِيسِيَّةِ. وَتُرْسَلُ الْمَرْكَبَةُ سَابِرًا أَصْغَرَ إِلَى جَوِّ المُشْتَرِي لِجَعْبِهِ عَنْ قُرْبٍ.

يَبْدُو الْعَاكِسُ الَّذِي فُطِّرَهُ = أَمْتَارٌ كَالْمِظَلَّةِ، وَيُشْتَغَلُ لِلاتِّصَالَاتِ.

تُرْسَلُ الْمَعْلُومَاتُ إِلَى نَخَطَاتِ التَّنْقِي فِي إِسْبَانِيَا وَأَسْتْرَالِيَا وَكَالِيفُورْنِيَا، بِالْوِلَايَاتِ الْمُتَّحِدَةِ.

هَذِهِ الصُّورَةُ لِأُورُونَا، أَحَدِ أَقْمَارِ المُشْتَرِي، كَانَتْ مِنْ بَيْنِ الصُّوَرِ الَّتِي أُرْسِلَتْهَا فُويَايجِرُ إِلَى الْأَرْضِ، وَقَدْ أَظْهَرَتْ تَفَاصِيلَ لَمْ تَشَاهَدْ مِنْ قَبْلُ مُطْلَقًا.

## الصُّور

تُوفِّرُ السَّوَابِرُ الْفَضَائِيَّةُ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ وَالْبَيِّنَاتِ مَا يَقْضِي الْحُلْمَاءُ فِي تَحْلِيلِهِ عِدَّةَ سَنَوَاتٍ بَعْدَ انْتِهَاءِ فَهْمِهِ الْمَرْكَبَةِ الْفَضَائِيَّةِ. لَقَدْ اكْتَشَفَتِ السَّوَابِرُ الْفَضَائِيَّةُ أَقْمَارًا لِلْكَوَاكِبِ الْعَمَلَاءَةِ الْأَرْبَعَةِ جَمِيعِهَا، وَيُوكِّدُ الْحُلْمَاءُ أَنَّهُ لَا يَزَالُ هُنَاكَ أَقْمَارٌ أَصْغَرُ لَمَّا تُكْتَشَفُ.

يُوجَدُ عَشْرَةُ أَجْهَزَةٍ عِلْمِيَّةٍ عَلَى عَرَبِ الْمَدَارِيَّةِ وَسِتَّةٌ أُخْرَى عَلَى السَّابِرِ.

السَّابِرُ الْجَوِّي سَيُستَخدَمُ بِأَرَشُوتًا لِلْمُتَبَوِّطِ عَجْرَ غَيْومِ المُشْتَرِي بِطَرَفٍ.

تَحْمَلُ الْمَنْشُؤَةُ مَنْظُومَةُ الْكَاسِرَاتِ الَّتِي يَتَوَقَّعُ أَنْ تَبْعَثَ أَوْضَعَ طُغْيَ شِهْوَدَتْ لِلْمُشْتَرِي حَتَّى جِنِينِهِ.

قُرْبُ عَرَبِ غَالِيلِيو الْمَدَارِيَّةِ ٢٢٢٢٢ كِغْ؛ يُولِّدُ الْوَقُودُ حَوْلًا يَصْلُغُ هَذَا الْوَرْدَ.

سَيُجْرِي غَالِيلِيو تِجَارَتَ لَاقَتَرٍ مِنْ ١٠٠ عَالِمٍ فِي سِتَّةِ لِهْدَانٍ مُخْتَلَفَةٍ.

## سَابِرَا فُويَايجِر

أُطْلِقَ السَّابِرَانِ الْفَضَائِيَّانِ الثَّوْمَانِ فُويَايجِرُ ١٦ وَ ٢٠ عام ١٩٧٧ فِي فَهْمَةٍ مُتَّحِدَةٍ هِيَ اسْتِكْشَافُ الْمَزِيدِ عَنْ طَبِيعَةِ الْكَوَاكِبِ الْعَمَلَاءَةِ الْأَرْبَعَةِ. وَقَدْ مَرَّ كِلَاهُمَا عَلَى مَفْرَعةٍ مِنْ

المُشْتَرِي وَرُحِّلَ، ثُمَّ تَابَعَ فُويَايجِرُ ١٢ رِحْلَتَهُ مُتَقَرِّقًا لَحَرِ أَوْرَانُوسَ وَيُنْتُون. وَكَانَ عَلَى مَتْنِ كُلِّ مَهْمَا ١١ جِهَازًا، مِنْ بَيْنِهَا كَامِيرَاتَانِ تَلَفُزِيَّتَانِ.

تَتَابَعُ الْعَرَبَةُ الْمَدَارِيَّةُ سَارَهَا حَوْلَ الْكُوكَبِ.

عَرَبُ فَايَكِنْجِ الْمَدَارِيَّةُ وَعَرَبُ الْهَيْبُوطِ تَتَفَصِّلَانِ.

## سَابِرَا فَايَكِنْجِ

تَسْتَطِيعُ السَّوَابِرُ الْفَضَائِيَّةُ الدُّورَانِ حَوْلَ الْكُوكَبِ، كَمَا تَسْتَطِيعُ أَنْزَالُ عَرَبِ هَيْبُوطِ عَلَى سَطْحِهِ. فَيَجْلُلُ السَّيَّيَّاتِ وَالسَّيْعِيَّاتِ مِنَ الْقَرْنِ الْعَشْرِينَ أَطْلُقَ الْأَمْرِيكِيُّونَ وَالرُّوسُ، كِلَاهُمَا، سَوَابِرَ فَضَائِيَّةً دَارَتْ حَوْلَ الْجُرْبُخِ وَخَفَّتْ عَلَيْهِ. وَقَدْ وَضَعَ السَّابِرَانِ فَايَكِنْجِ ١٦ وَ ٢٢ بِتَجَاحُ عَرَبِي هَيْبُوطِ عَلَى الْمَرْيُخِ فِي شَهْرِي تَمُوزِ وَأَبْرِيلِ مِنْ عَامِ ١٩٧٦. فَارْسَلْنَا كِلَاهُمَا إِلَى الْأَرْضِ مَا مَجْمُوعُهُ حَوْلَى ٣٠٠٠ صُورَةٍ. وَقَدْ أَجْرْنَا تَحَالِيلَ لثَرَةِ الْمَرْيُخِ وَسَخَّلْنَا قِيَاسَاتِ لِأَحْوَالِهِ الْجَوِّيَّةِ - كَمَا تَقَعْنَا اخْتِيَارًا إِمْكَانِيَّةَ وُجُودِ الْحَيَاةِ عَلَيْهِ.

تُثْبِتُ الْبَارَاشُوتُ شَقُوطَ عَرَبِ الْهَيْبُوطِ.

عَرَبُ الْهَيْبُوطِ تَتَدَرَّرُ مِنَ الْبَارَاشُوتِ.

عَرَبُ الْهَيْبُوطِ تَخْطُ عَلَى سَطْحِ الْمَرْيُخِ.

فُويَايجِرُ ١٠ قَارَبَتْ رُحْلَ فِي نَوَفَسْرِ عَامِ ١٩٨٠.

فُويَايجِرُ ٢٠ قَارَبَتْ رُحْلَ فِي أَغْطُسِ عَامِ ١٩٨١.

فُويَايجِرُ ٢٠ قَارَبَتْ أَوْرَانُوسَ فِي يَنَايْرِ عَامِ ١٩٨٦.

فُويَايجِرُ ٢٠ قَارَبَتْ يُونْتُون فِي أَغْطُسِ عَامِ ١٩٨٩.

## لَمَزِيدِ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ أَنْظُرْ

الرُّبُوبُوطَاتُ مِنْ ١٧٦  
النُّطَاقُ الشَّمْسِيُّ مِنْ ٢٨٣  
الشَّمْسُ مِنْ ٢٨٤  
الْمُكْشُوكَاتُ عَلَى الْأَرْضِ مِنْ ٢٩٧  
الْمُكْشُوكَاتُ فِي الْفَضَاءِ ٢٩٨  
السَّوَابِرُ (الْأَقْمَارُ الصَّنَاعِيَّةُ) مِنْ ٣٠٠



# الإنسان في الفضاء

كان السَّفَرُ عِبرَ الفضاءِ حُلْمَ الإنسانِ على مَدَى قُرُونٍ خَلَّتْ، ولم يُصِبْ هذا الحُلْمُ وإِقْعًا إِلَّا عامَ ١٩٦١ عندما انْتَلَقَ رائدُ الفضاءِ الروسيُّ، يُوْرِي غاغارين، إلى الفضاءِ ودارَ حَوْلَ الأرضِ. وتَوَالَى مُنْذَئِذٍ انْطِلَاقُ العديدِ من الرجالِ والنساءِ إلى الفضاءِ بعضهم يقضي فيه بضعةَ أيامٍ وبعضهم يَبْقَى عِدَّةَ شُهورٍ في كُلِّ مَرَّةٍ. لكنَّ يَظُلَّ الفضاءَ بينةً عِدائِيَّةً خَطِرَةً يَحْتَاجُ فيها الإنسانُ إلى بَزَّةٍ فضائيَّةٍ لِحمايته ولِتوفيرِ الهواءِ لِتَنفِيسِهِ. وإذا قُدِّرَ لِلإنسانِ أنْ يَعِيشَ ويعمَلَ في الفضاءِ طويلاً وأنْ يَهِيطَ على المَورِنِجِ في القَرْنِ الحادي والعشرين فينبغي لنا تَعَرُّفُ كُلِّ ما نَسْتَطِيعُهُ عن الآثارِ التي تُخَلِّقُها أسفارُ الفضاءِ الطويلةِ الأجلِ.



## التدرب على الرحلات الفضائية

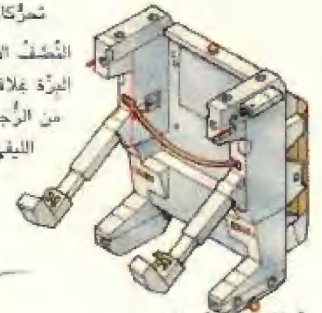
يُتَرَعَّبُ في رائدِ الفضاءِ أن يَتَّبِعَ بِلِياقَةٍ تَدْرِيكِيَّةً وعَظَمِيَّةً عَالِيَةً. وَيَقُومُ الرُّوَادُ بِتَدْرِيبَاتٍ قَاسِيَةٍ وطَوِيلَةٍ جِدًّا في ظُرُوفٍ وَأَحْوالٍ تُشَبِّهُ حَقِيقَاتِها في الفضاءِ. فَهَمُ قَدْ يَجْرُونَ التَدْرِيبَاتِ، مِثْلًا، في بَرَكٍ سَاحَةِ كَبِيرَةٍ لِيَتَشَبَّهُوا وَيَتَعَادُوا حَالَةَ انْجِدَامِ الوُزْنِ. كَمَا يَرْتَدِّي الرَّاوِدُ بِزَّةَ خَاصَّةً وَيَتَدَرَّبُ على المَهْمَةِ التي سَيَقُومُ بِها في الفضاءِ.

فوق الحُجرةِ اضمواءِ مُتَكُنٍّ  
الرائدُ من الرُّبُوعَةِ جَيِّدًا

تحت الحُجرةِ قَلْبُ شَوْقَةٍ تَحْوي سِتَاقَتِي  
رأسَ وسِكرومُوناتٍ لِلاتِّصالِ  
بِالأَرْضِ وبِالرُّوَادِ في  
المَركَبَةِ.

على كَتِفِ الرَّاوِدِ كَامِيرا  
تَلْمِظُ الصُّورَ جَلالَ  
تَعَرُّكاته.

المُشَفِّفُ الأَعْلَى مِنْ  
البَزَّةِ عِلاَقَ صُلْدُ  
مِن الرُّجَاجِ  
الليَيقِي.



## وَحْدَةُ مُنَاوَرَةٍ مَأْهُولَةٍ

هذه الوَحْدَةُ خَلِيقٌ مِنْ جَعْدَةٍ ظَهَرِيَّةٍ وَكُرْسِيٍّ وهي تَعْمَلُ بِالتَّوَجُّجِ وَيُتِمِّكُنْ إِعَادَةَ شَخْصِها مِنَ المَركَبَةِ الفَضائِيَّةِ. يَتَحَكَّمُ الرَّاوِدُ بِوَحْدَةِ المُنَاوَرَةِ هذه مِنْ مَسْنَدِي التَّدْرِيبِ، وَكانَ الرَّاوِدُ الأَمْرِيكِيُّ، بَرُوسَ مَكانُولُوسِ أَوَّلَ مَنْ اسْتَخْدَمَها في شَاطِئِ (فبراير) عامَ ١٩٨٤.

يَرْتَدِّي رَائِدُ الفضاءِ كِيسَةً تَحْتِيا  
مُجَبِّزًا بِالنَّايِبِ تَرَبِيدَ مَاقِيَةٍ.



## سَالِي رَايْد

كانَ الرُّوَادُ الأَمْرِيكِيُّونَ  
كُلُّهُمْ مِنَ الذَّكَورِ حَتَّى  
العامَ ١٩٨٣. وَعندَ  
أَسْتِجْدَادِ بَرنامِجِ  
المُتَّوَكِّعِ الفَضائِيِّ في

السَّبعِيَّاتِ مِنَ القَرْنِ العِشْرِينَ،  
سُمِّحَ لِكُلِّا الرِّجالِ والنِّساءِ التَّقدُّمُ  
بِطَلَباتِ الانْتِسابِ كُرُّوَادِ فِضاءٍ. وَفي العامِ  
١٩٨٣، أَصْبَحَتِ سَالِي رَايْدُ (المولودة عامَ  
١٩٥١) أَوَّلَ امْرَأَةٍ أَمْرِيكِيَّةٍ تَرْتادُ الفضاءَ. وَهناك  
حَالِيًا العَدِيدُ مِنْ رَائِداتِ الفضاءِ الأَخْرِياتِ.

## المرأة في الفضاء

فِيَسَتْ الوِلايَاتُ المُتَّحِدَةُ وما كانَ يُدْعَى  
الائْتِحادَ السُوفْيَاتِيَّ على مُخْتَلَفِ الشُّبُطَةِ وَبِإِبادَةِ  
الفضاءِ جَلالَ العَقْدَيْنِ الأَوَّلَيْنِ مِنْ عَظُرِ  
اِسْتِكْشافِ الفضاءِ. فِفي العامِ ١٩٦٣،  
أَصْبَحَتِ رَائِدَةُ الفضاءِ الرُّوسِيَّةُ، فالْتِينا  
تِرَشْكوفا، أَوَّلَ امْرَأَةٍ تَنْطَلِقُ إلى الفضاءِ.

## الرَّيُّ الفَضائِيُّ

كانَ الرُّوَادُ الأَوَّالُ يَرْتَدُّونَ بِزَّةَ فَضائِيَّةٍ  
وَاحِدَةٍ لِلرَّحْلَةِ. أمَّا اليَوْمُ، فَهَمُ يَرْتَدُّونَ  
مَلايِسَ تَخْتَلِفُ بِاخْتِلَافِ ما يَقُومُونَ بِه مِنْ  
مُهْمَّاتٍ. فَهناك بَزَّةٌ لِلتَّجَرُّفِ دَهَابًا وَإِيابًا إلى  
الفضاءِ، وَمَلايِسَ عَادِيَّةٍ مُضَمِّمَةٌ خَظِيصًا  
لِلارْتِدادِ داخِلَ المَركَبَةِ الفَضائِيَّةِ، وَهي في  
مَدَارِها. وَإِذا اِصْطَرَّ الرَّاوِدُ لِلْعَمَلِ خَارِجَ  
مَركَبَتِهِ فَهو يَرْتَدِّي بِزَّةً تُدْعَى وَحْدَةُ الحَرَكَةِ  
خَارِجَ المَركَبَةِ، يُحَرِّمُ فَوْقَها وَحْدَةُ مُنَاوَرَةٍ  
مَأْهُولَةٍ تُسَكِّنُهُ مِنَ التَّحَرُّكِ بِالذَّعِجِ النافُورِيِّ  
حَوْلَ مَركَبَتِهِ.

تُنْتَلَفُ البِزَّاتُ الفَضائِيَّةُ وَتُخَفَّفُ بَعْدَ  
الْعُودَةِ إلى الأَرْضِ لِتَكُونُ جَاهِزَةً لِرَحلَةٍ  
أُخْرَى. وَيُفَرِّغُ بِقَافِ البَزَّةِ صالِحَةٌ  
لِلإِسْتِخدامِ حَوالِ ٨ سَنَواتِ.

في ٣٠ تَمَوزِ (يولِيو) عامِ  
١٩٦٩، أَصْبَحَ نِيلِ  
أَرْمِسترونغِ أَوَّلَ إنسانٍ  
تَظَّنَّ قَدَمَها سَطْحَ القَمَرِ  
ثُمَّ لَجَعَ بِهِ رُزْمِيَّةُ نِزْ  
الأَرَبِ بَعْدَ ١٩ دَقِيقَةٍ.

تُؤَمِّرُ البِزَّاتُ  
الفَضائِيَّةُ أَكْسِجِينًا  
نَقِيًّا ١٠٠٪ لِلتَّنَفُّسِ.

تحت البَزَّةِ نَبِيطَةٌ لِتَجْمِيعِ البُولِ،  
تُفَرِّغُ عِندَ الرُّجُوعِ إلى المَركَبَةِ.

## البعثات القمرية

أَوَّابِزُ الخَمْسِيَّاتِ مِنَ القَرْنِ العِشْرِينَ، كانَ التَّنافُسُ شَدِيدًا  
لِلسَّيطرةِ على الفضاءِ بِإِرسالِ بَشَرٍ إِلَيْهِ - فَكانَتِ بَدِئًا غَظُرِ  
الفضاءِ. في العامِ ١٩٦١، تَعَهَّدَ الأَمْرِيكِيُّونَ بِإِزْلالِ إنسانٍ على  
سَطْحِ القَمَرِ بِنَهايَةِ العَقْدِ، وَهَكَذا كانَ. فِفي العامِ ١٩٦٩، أَصْبَحَ  
نِيلِ أَرْمِسترونغِ أَوَّلَ رَجُلٍ يَحمِي على سَطْحِ القَمَرِ. وَبَينَ ١٩٦٩  
و ١٩٧٢، كانَتِ الحَرَكَةُ ناسِطَةً إلى القَمَرِ وَمِنهُ، وَقَدْ فَطِنَ  
الرُّوَادُ جَلالَ تلكِ الفِئْرَةِ ما يُقاربُ ٨٠ ساعَةً على سَطْحِها.





## العيش في الفضاء

تغير الشغل عَنِ الفضاء اليوم عَنه أيام بُوري غاغارين - فعند الرواد، والعربة الفضائية في مدارها، يرتدون ثياباً عاديةً ويأكلون ويحياهم المفضلة. وهم في غير أوقات العمل، يسترخون لسماع الموسيقى المسجلة أو لقراءة كتاب مختار، أو يقومون بالأعمال المنزلية، مداورة. غير أن كل ذلك يتم في حالة انعدام الوزن، وفي هذه الحالة تتخاد العظام والعضلات (لذا يتوجب على الرواد ممارسة تمارينهم الرياضية يومياً). وقد لوحظ زوال تأثيرات انعدام الوزن على الجسم البشري بعد عودة الرواد إلى الأرض، لكن العلماء ما زالوا يربون تلك التأثيرات كلما قضى الرواد فترات أطول فأطول في الفضاء.

مع حركة الدوران المستمر في الفضاء، قد تجس رائد الفضاء بالغثيان والدوار.

يرتشف الرواد السوائل بفشاشات الشرب، لكنهم يتناولون الوجبات الصلبة كالشوكولاتة والمكثفات بطريقة عادية. وتسخن وجباتهم في فرن قبل وضعها في صواني خاصة تملأ ملؤها أثناء الأكل.

## مراقبة الرواد

في آذار (مارس) عام ١٩٩٢، عاد رائد الفضاء الروسي سيرجي كريكاليف إلى الأرض بعد أن قضى ٣١٣ يوماً في الفضاء؛ وقد أخضع لمحص طبي دقيق فور عودته. والمعلوم أن الرائد قد يعاني نائلاً في نبضات القلب ودواراً خلال رحلته الفضائية.

سيرجي كريكاليف



في الفضاء، يصعب التحكم في تسكون الماء في كتلة طافية.

## انعدام الوزن

شد جاذبية الأرض المستمر على أجسادنا يكتك في مضعد هابط بسرعة تجس بانك أخف وزناً. وهذه الظاهرة تصح في مركبة فضائية هابطة في مجال ثقالي، إذ يهوي الرواد في داخلها بالسرعة نفسها فتتعيد أوزانهم. وتجرى التجارب على الحيوان والنبات في الفضاء لدراسة تأثيرات انعدام الوزن عليها؛ كما تجرى تجارب علمية معينة، لا يمكن إجراؤها على الأرض.



شعاع الأغذية منزوع الماء - قما على الرائد سوي إضافة بعض الماء قبل الأكل. وبعض المأكولات الأخرى تحفوظة في غلب من الصقيح أو في أكياس لسانية كما هي الحال على الأرض. أما الطعام الطازج فقد يتأخر فقط في بداية الرحلة.

## المكوك الفضائي

كان الرواد الأوائل يرسلون إلى الفضاء داخل كبسولات صغيرة توضع في مقدمة الصواريخ، ثم يعودون بها إلى الأرض غطاً في البحر. فكانت تلك البعثات الفضائية باهظة التكلفة إذ لا يمكن استخدام الصاروخ إلا مرة واحدة. أما اليوم فيزاد الرواد الأمريكيون الفضاء بواسطة المكوك الفضائي، الذي يمكن إعادة استخدام أجزائه الرئيسية - كالعربة المدارية الفضائية والصواريخ المعززة. وتعود العربة المدارية كالمطارة إلى الأرض، ويمكن استخدامها تكررًا.



يقد الهبوط، تجهز العربة بخرانات وقود جديدة إعاداً للإطلاق التالي.

توقف العربة المدارية بتلوميتها من المكايح.

تنشأ العربة المدارية (دون إعمال شحكاتها) متجيرة نحو الأرض، وتخط على مدار كطائرة عادية.



## مهمات المكوك الفضائي

المكوك الفضائي متعدد الاستعمالات؛ يمكن استخدامه في إطلاق السواتل وصيانتها أو إعادتها إلى الأرض. كذلك يمكن استخدام المكوك كشحن فضائي، أو في نقل قطع المحطات الفضائية ليتم تركيبها في الفضاء. وتستغرق البعثات المكوكية حوالي سبعة أيام؛ وقد يبلغ طاقنها من الرواد ثمانية.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الجاذبية ص ١٢٢
- النظام الشمسي ص ٢٨٣
- الصاروخ ص ٢٩٩
- السواتل (الأخبار الصناعية) ص ٣٠٠
- السواتل الفضائية ص ٣٠١
- المحطات الفضائية ص ٣٠٤



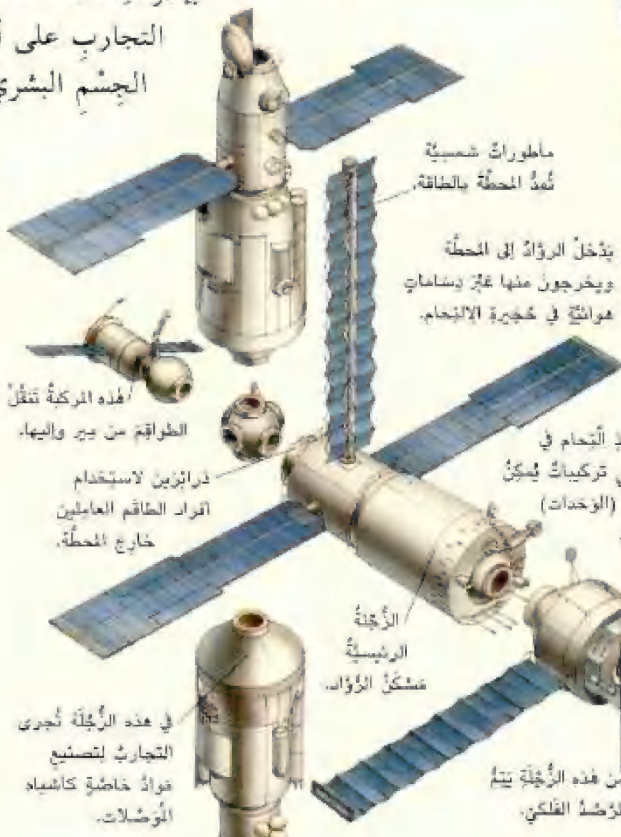
# المحطات الفضائية

لم تعد الرحلات الفضائية تقتصر على إقامة عابرة، فباستطاعة رواد الفضاء اليوم المكوث في محطة فضائية، تدور حول الأرض كسائل كبير، مؤهلة ليعيش الرواد والعمل على مئنتها، كبيت ومكتب، لفترة تمتد أسابيع وشهوراً. وستستخدم المحطات الفضائية مستقبلاً كمنفذ يُخرج عليه الرواد قبل متابعة سفرهم عبر النظام الشمسي أو قبل العودة منه إلى الأرض. وهي أيضاً مهمة إذ يمكن، على مئنتها، إجراء التجارب في ظروف الجاذبية الصغرية (شبه انعدام الوزن) بإشراف علماء لا مكنات - كما يستطيع الرواد إجراء التجارب على أنفسهم لاختبار سبل ومدى اصطلاح الجسم البشري بأعباء العيش في الفضاء.



## المختبر الفضائي (سكاي لاب)

طلبت المحطة الفضائية الأمريكية الأولى «سكاي لاب» على مدى خمس سنوات (١٩٧٣-١٩٧٨) تزيلاً للرواد الزائرين، وهي بالتساعها، كبيت متوسط الحجم، وفُرت للرواد بيئة وظروف عمل مريحة للمرة الأولى في الفضاء.



يُحافظ الرواد على لياقتهم البدنية باستخدام المُعدات الرياضية على مئ المحطة. ويأخذون قسطهم من الراحة في اكياس نوم مثبتة بالجدران.

**بير**  
أطلقت المحطة الفضائية الروسية، بير، في شباط (فبراير) عام ١٩٨٦، وشغلها الرواد بعد ذلك بثلاثة أشهر. يُنقل الرواد من المحطة واليه في مركبة فضائية تُنجم بأحد أبواب المحطة السُتة. وتُشيع المحطة، بير، لطاغم من ستة أفراد لكن يُمكن زيادة حجمها بإضافة رُجلايت (وحدات) جديدة، كالمختبرات، مثلاً، إلى الهيكل الأساسي. وفي العام ١٩٩٧ تعرضت بير لمشاكل بسبب اصطدام مركبة تلاحم بها، وقد يُقصر ذلك من قدرتها على الاستمرار طويلاً في مهماتها.



## التجارب

علماء الكيمياء والبيولوجية والفيزياء ينفيدون من وجود مختبر لهم في الفضاء، يُمكنون فيه من إجراء التجارب في ظروف الجاذبية الصغرية حيث يُمكنهم معالجة بعض المواد (كالعقاقير أو المُقومات الكهربائية) وإنتاجها بمستوى من النقا لا يتوفّر على الأرض.

## الحريّة (فريدم)

تُحطّ الولايات المتحدة لإطلاق محطة فضائية تدعى فريدم؛ على أن يُنقل المكوّن الفضائي قطعها إلى الفضاء قطعة قطعة، ثم يقوم الرواد بتجميعها. وستكون المحطة المُجمعة أطول من ملعب كرة القدم، وستتولى شؤونها طاقم دائم من ستة رواد.

**المحطات الفضائية**  
١٩٧١ أطلقت ساليوت، أول محطة فضائية روسية.  
١٩٧٣ أطلقت سكاي لاب، أول محطة فضائية أمريكية.  
١٩٨٠ سكاي لاب تعود إلى جو الأرض وتندثر.  
١٩٨٣ أطلق شينلن لاث، أول مختبر فضائي مُصنّف لهدفو معيّن.  
١٩٨٦ أطلقت بير، أكبر محطة فضائية، من بيكونور، في روسيا.  
١٩٨٧ راند الفضاء الروسي بُوري رومانكو يعود من بير إلى الأرض بعد تسجيله رقماً قياسياً للمكوث في الفضاء: ٣٢٦ يوماً.  
متورة لشواطئ شغسي القطك من المحطة الفضائية سكاي لاب.

لمزيد من المعلومات انظر
الجاذبية ص ١٢٢
الشوائل (الأضرار الصناعية) ص ٣٠٠
الشوابر الفضائية ص ٣٠١
الإنسان في الفضاء ص ٣٠٢



# الكائنات الحيّة

الكائنات الحيّة حواليك في كل مكان تقريباً. ففئاتٌ خُبرٌ قد تحبّلُ فُطرًا دقيقًا، وملعقةً من ماء النهر قد تُؤوي أشكالًا مُتعددةً من الأحياء المجهريّة المُختلفة. تتشّير الكائنات الحيّة عبرَ مناطقٍ شاسعةٍ من اليابسة وفي المحيطات بينها. حتّى في أشدّ الأصقاع قسوةً، كالصحارى الجافّة اللاهبة أو قمم الجبال القارسة المُتجمّدة، توجدُ بعضُ أشكالِ الحياة وتتكاثّر. علّم الأحياء (البيولوجية) هو علّم الكائنات الحيّة، نباتاتٍ وحيواناتٍ - المجهريّ منها والفائق الحجم الأضحَم مِنّا بكثير. يدرُسُ البيولوجيون الكائنات الحيّة ليكتشفوا كيفَ تعملُ وكيفَ تتربطُ معًا في نمط الحياة المُعقّد على الأرض.

بكتيريا (جراثيم)



فطر



شوكس



مُتَلَسِّس



ضفدع



## المتعضيات والأنواع

في مُصطلح البيولوجيين، المتعضي هو أي شيء حي. فالجراثيم والبكتيريا، كما الكائن البشري، كلها متعضيات. والشع مُصطلح آخر يُستعمل عادةً في علّم الأحياء - بمعنى مجموعة من المتعضيات تستطيع التوالّد فيما بينها كالأشود أو النعام. فالمتعضيات الواردة أعلاه تنتمي إلى أنواع مُختلفة، كل منها يستطيع التوالّد (التناسل) مع أفراد من نوعه فقط، وليس مع أفراد أي نوع آخر. والمتعضيات تعيش في الغالب مُتصلة، لكن أحيانًا يعيش أفراد النوع الواحد وُيقي الترابط معًا في مُستعمرة (كجماعة كبيرة).



بشارك (فراشات ليلية) من الفصيلة الزنتيدي

## كيف يعمل علماء الأحياء؟

خلال القرن التاسع عشر، كان العلماء غالبًا يدرسون الحيوانات بعد قتلها وتجميعها. فالفراشات أعلاه هي جزء من مجموعة نموذجية في مُتحف تحوي آلاف العُينات. إنّ تجميع الكائنات الحيّة قد يُوفّر معلومات مُفيدة، لكنه يلجئُ ضررًا بالأنواع النادرة. وحيث إنّ علماء الأحياء حاليًا، هم أكثر إدراكًا لضرورة حماية البيئة، فهم يقضون وقتًا أطول في دراسة الحيوانات في مواطنها الطبيعيّة، فيتعرّفون الحيوان دون إيلائه أو تغيير سلوكه الطبيعي.



## استكشاف الطبيعة

كان العالم الطبيعيّ الإنكليزي، هنري بيش (1820-1892)، من أوائل العلماء الأوروبيين الذين نظّشوا الحياة البريّة في غابات الأمازون المطيرة في أمريكا الجنوبيّة. وقد جمع الكثير من الأنواع الجديدة ودرّس سبل تكاثرها للبقاء. ولا يزال العلماء اليوم يكتشفون أنواعًا جديدة، لكن في الوقت نفسه، هناك أنواع عديدة أختدّ بالانقراض، بسبب ما يُلحقه الإنسان من ضرر بالبيئة الطبيعيّة.



## الحياة الخفيّة

مع أنّ هذه البتّة تبدو غريبة الحياة، فهي في الواقع حيّة تنمو وتكاثر. فالشجرة الحيّة (ليتوس أوكامي) كما تُسمّى هذه البتّة، تنمو في المناطق الجافّة من إفريقيا الجنوبيّة، وهي تنفي مُسترة مُعزّمة مُعظم أيام السنة؛ لكنها في موسم التكاثر تُنتج أزهارًا، زاهية اللون، تجذب الحشرات لنقل حُبّ القلع من البتّة إلى أخرى. وبعد التلقيح تُنتج البتّة بُورًا.

## فريدريخ وفلر

جميع الكائنات الحيّة

تحوي مُركّبات كربونيّة.

وقد ظلّ مُعظم العلماء حتّى

القرن التاسع عشر يعتقدون أنّ

المُركّبات الكربونيّة في الكائنات

الحيّة مُختلفة عضويًا عن تلك

للاعضويّة المُتواجدة في الكائنات غير

الحيّة. لكن في عام 1828، دَخَض

الكيميائيّ الألمانيّ، فريدريخ وفلر (1800-1882)،

هذه الفكرة التي كانت تُعرّف بالفاعليّة الحيويّة،

عندما حصّر البُوراء المُركّب الكربونيّ البولي في

الحيوان، من مُركّب يتواجد فقط في المادّة

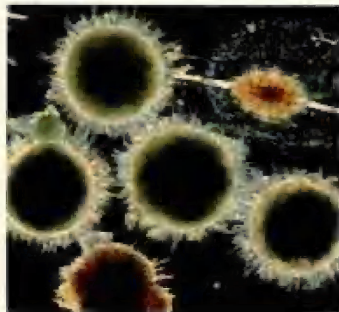
للاعضويّة (غير الحيّة).





## الحياة النباتية

التفاعلات الكيميائية  
داخل جسد الفأرة تؤثر  
فيها ملاقة التحريك والذئب.



تستخدم صغار  
القطران طاقة  
الطعام ومغذياته  
للتنحور.

اثناء التنفس، تأخذ  
الغارد الأكسجين وتزف  
ثاني أكسيد الكربون  
كمادة فضلات.



تستخدم القارة الأنتش  
طاقة الطعام وشدتياته  
(المواد الأولية) لإنتاج اللي  
إصغارها.

المهمة اليومية المُبلَّغة لدى هذه الفئران هي إيجاد الغذاء لتزويد أجسادها بالطاقة. وهي تستخدم حواسها لتقصي ما يمكنها أكله ولإجتناب الخطر. يتأكسد الطعام في خلايا جسد الفأرة فتُحطَّل على الطاقة، وتنتج ثاني أكسيد الكربون كمُنتج فضائي. وتفيد الفأرة من المُغذيات في الطعام لبناء خلايا وأجزاء جديدة. وفي غضون بضعة أسابيع من ولادتها تبلغ الفأرة مرحلة النضج والتكاثر.

هذه الحديقة كانت بيتاً لبُوتِي صَدَقِي -  
وهو حيوانٌ بحريٌّ من الرُحُيَّات. فع  
نمُو الحيوان تنامي شجاره أيضاً بفارازه  
الكاسيوم، وهذا يتلَوُّ تدريجياً  
لتكوين حديقة  
جديدة.

يُزَيَّجُ نَابِضَ الدَّمَةِ تَدْرِيجًا، فَيَنْبَغِي  
إِعَادَةُ شِدِّهِ بِتَدْوِيرٍ مُتَنَاجِحٍ. وَقد تُضَدُّ  
الدَّمَةُ أَوْ تُكْسَرُ بَعْدَ بَضْعِ سَنَوَاتٍ.  
فَهَذَا مِنْ طَبِيعَةِ الْكَائِنَاتِ الْإِلَاحِيَّةِ. أَمَّا  
الْكَائِنَاتُ الْحَيَّةُ فَتَعْمَلُ بِطَرِيقَةٍ مُخْتَلِفَةٍ  
- فَهِيَ تَأْخُذُ الطَّاقَةَ وَتَسْتَخْدِمُهَا فِي  
بِنَاءِ بَنَى مُعَيَّنٍ كَالْخَلَايَا وَالْمَحَارِ.  
وَهَذِهِ الْفَلِزَّةُ عَلَى خَلْقِ نِظَامٍ مُعَيَّنٍ مِنْ  
شَوَاشٍ خَاصَّةٍ فَرِيدَةٍ تُمَيِّزُ بَهَا  
الْكَائِنَاتُ الْحَيَّةَ، وَهِيَ تَفْقِدُهَا طَبْعًا  
لِلْمَوْتِ.



**لمزيد من المعلومات انظر**

التخليق الضوئي ص ٣٤٠
الغذاء ص ٣٤٢
التنفس الخلوي ص ٣٤٦
البيئة المائية في الأحياء ص ٣٥٠
النمو ومرآجه ص ٣٦٢
التكاثر اللاجنسي ص ٣٦٦
الناسل الجنسي ص ٣٦٧

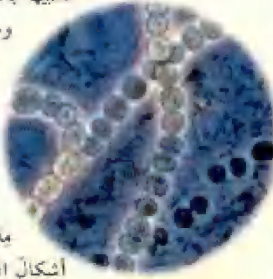


# بدايات الحياة

وُجِدَ كوكبنا الأرضي منذ حوالي ٤٥٠٠ مليون سنة؛ وفي سبيلها الأولى، كانت الأرض حارة جدًا ومحفوفة بالمخاطر لا يمكن للكائن حي العيش فيها. فقد كانت تقصفها الرُّجُم والنيازك، وتُمرقها الانفجارات البركانية. وحين أخذت الأرض تبرد صارَ سطحها أهدأ، فتكوَّنت الغيوم، من بخار الماء في الجو - الذي ابتعثته الثورات المستمرة، وهطلت الأمطار. وفي ذاك الماء ظهرت الحياة منذ أكثر من ٣٥٠٠ مليون سنة. بعض الناس يعتقدون بخصوصية خلق مختلف الكائنات الحية، أي، إن كل نوع حي قد خلق خلقًا خاصًا. لكن معظم العلماء يقولون بنشوء الحياة عبر سلسلة من التفاعلات الكيميائية التي حدثت اتفاقًا؛ وعلى مدى ملايين السنين، بنَّت تلك التفاعلات، ببطء شديد، كائنات حية من مواد كيميائية بسيطة.

## أقدم أشكال الحياة

هذه القلاليات الخضراء المُزوّقة البسيطة الشبيهة بالنباتات تُسمى سيانوبكتيريا. وهي تستوطن عادة المياه الضحلة وتصنع غذاءها بالتخليق الضوئي. وقد وُجِدَ الجيولوجيون جدران أحفورية من هذه البكتيريا يعود تاريخها إلى ٣٥٠٠ مليون سنة - مما يشير إلى أن أشكال الحياة هذه كانت بين الأقدم على الأرض.



## النتائج

يُعدّ مواصلة التجربة يمدد أسبوعًا ويُجَدُّ يُوري ويبلر أن عدّة موادّ جديدة مُعقَّدة قد تكوَّنت، بينها بعض الأحماض الأمينية. هذه الأحماض هي كيمائيات مهمة ترتبط معًا فتكوّن البروتينات - التي هي وحدات بناء الحياة.



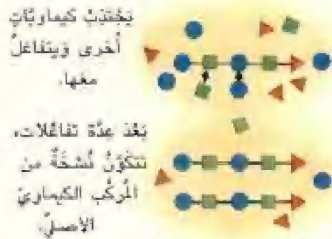
الطاقة الناتجة من التفاعلات الكيميائية سببت تفاعل الكيمائيات في الوعاء يغطيها مع بعض.



## مفومات أولية

كانت بحار وأجواء الأرض الباردة تحوي كيمائيات بسيطة كالماء والميثان والأمونيا والهيدروجين. وفي تجربتهما الشهيرة وضع يوري وميلر مزيجًا من هذه الكيمائيات في وعاء مُدَّ يَلْحَاقُ. وكان هدفهما معرفة ما قد يحدث عندما تتفاعل تلك الكيمائيات بعضها مع بعض.

## المرحلة الكيميائية الأولى



## التكاثر الكيميائي

قد تكون الحياة بدأت بطريقة بسيطة؛ كان يكون مركب كيميائي دخل اتفاقًا في سلسلة من التفاعلات أنتجت نسخة مثيلة له، وأن هذه النسخة، عبر تفاعلات مثيلة، كررت انتساخ نفسها أيضًا. فيكون المركب الكيميائي بذلك قد تمكن من التكاثر - الذي هو من خصائص المادة الحية!

لمزيد من المعلومات انظر
الكربون ص ٤٠
الهيدروجين ص ٤٧
الأرض ص ٢٠٩
الخلايا ص ٣٣٨
التخليق الضوئي ص ٣٤٠
البروتينات ص ٣٦٤

هذا الرُّجُم الحديدي سقط من الفضاء منذ ٢٠٠٠ سنة.



## مهّد الحياة

تصوّر أن كوكب الأرض الناشئ كان مُغطى بِمُحيطات تحوي كيمائيات بسيطة، وأن طاقة ضوء الشمس وشرر التفريغ البرقي جعلت تلك الكيمائيات تتفاعل بعضها مع بعض. ولعلّ تلك التفاعلات مع الزمن خلقت كيمائيات يمكنها انتساخ ذاتها، أو تكوين أغشية تحميها من العالم الخارجي. في العام ١٩٥٣، أعطى الكيميائيان الأمريكيان هارولد يوري وستانلي ميلر هذه الفكرة للتجربة، فبنَّي لهما إمكانية إنشاء المواد المُعقَّدة التركيب من مواد بسيطة.

## الحياة في كواكب أخرى

إذا كانت الحياة قد نشأت اتفاقًا على الأرض بتفاعلات كيميائية طارئة، فمن الممكن أن تكون قد نشأت في أماكن أخرى من الكون بالطريقة نفسها. فالحياة على الأرض بماذا المركبات الكربونية كالأحماض الأمينية. وقد وجد العلماء مقادير ضئيلة من هذه الأحماض في بعض الرُّجُم. كما اكتشف الفلكيون كيمائيات أبسط عداها الكربون في الغبار المُشعّر عن الفضاء.

## حياة من حياة

فيما مضى، اعتقد بعضهم أن كائنات حية يمكن أن تتولد فجأة من مواد عديمة الحياة. فكانوا يُظنون، مثلاً، أن يُقَاتِلُ الذباب تنشأ من اللحم الفاسد، لكن التجارب التي أجراها كل من العالم الإيطالي لازارو سبيلانزاني (١٧٢٩-١٧٩٩) والعالم الفرنسي لويس باستور (١٨٢٢-١٨٩٥)، أثبتت خطأ ذلك الظن. فالكائنات الحية، كما نعرفها اليوم، تتكوّن دائمًا بالتوالد.



تضع الذبابة الزرقاء (كاليفورنيا قوسيتوريا) بيوضها على اللحم، فتضخم ليرقاتها. عندما تلتئم، تؤونة وافترة من الغذاء.



# التطوُّر (النشوء بالتحوُّل العضوي)

نحن لا نستطيع العودة بالزمن مئات ملايين السنين إلى الوراء لَنرى كيف كانت الكائنات الحية. لكن بإمكاننا تعرُّف الكثير عن الماضي السحيق بدراسة الأحافير. فالأحفورة تتكوَّن بأنطمار الكائن الحي تحت الوحول والأثرية، فتتخلَّل أجزاءه الطرية، نباتاً كان أم حيواناً ولا يبقى منها أي أثر. أما الأجزاء الصلدة كالسُوق والعظام والأسنان والصدف فتتحوَّل ببطء شديد. ويُبين الأحافير من شتى أقطار العالم أنَّ الكائنات الحية قد تغيَّرت تدريجياً على مرَّ ملايين عديدة من السنين. فبعض الأنواع انقرضت، وتَشَّأت أنواع جديدة من أنواع أقدم في عمليةٍ تغيُّرٍ بطيء تُدعى التطوُّر.

الاركيوپتريكس كان ذا أسنان وشبيه الشكل كاستنان الزواحف تماماً.



الوان الصورة تخيلية، فلا أحد يدري ماذا كانت الوان الاركيوپتريكس.

## حلقة بين الزواحف والطيور

يُعتبر في النادر على أحفورة يُبين كيفية نشوء فئة رئيسية من الكائنات الحية من فئة أخرى. من نادر الأحافير هذه الاركيوپتريكس «تعني اللفظة الجناح القديم». ويُبين الأحفورة حيواناً ذا خراشف وأسنان كالزواحف، وريش كالطيور. من ذلك يستنتج البيولوجي، بشبه اليقين، أنَّ الطيور قد تطوَّرت من الزواحف.

ذئب طويل كذئب الزواحف

## تطوُّر الحصان

يُبين الشواهد الأحفورية أنَّ الحصان المعاصر قد تطوَّر من أسلاف أصغر كثيراً ذات نمط عيش مختلف تماماً. نجدهم الحصان القديم، غير انقباضي، كان بحجم قلب صغير، وكان رباعي الأصابع في حافري القدمين الأماميتين ينشأ برقي أوراق الشجر. وعلى مدى ملايين السنين، تزايد حجم سلالته وتحوَّل غذاؤها من ورق الشجر إلى الأعشاب. كما طالت أرجلها وقلَّت أصابع الحافر فيها، ونُسِر لها ذلك سرعة الهروب من أعدائها في السهوب المكتشفة.



عاش الهميراكوثريوم منذ أكثر من ٥٠ مليون سنة. ولعله كان يلجأ إلى الاختباء من أعدائه ليصغر حجمه وعظمه عن شرعة العدو.



الميزوميليس عاش منذ حوالي ٣٠ مليون سنة وكانت قوائمه أطول وقدمه الأماميتين ثلاثية الأصابع.



نهرز المريكيس، أول الخيل العاشية، منذ حوالي ٢٠ مليون سنة، وكان ثلاثي أصابع الحافر أيضاً - لكن إحداهما أخذت شكل حافر كبير.



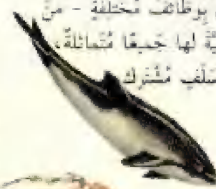
إيكوس، الحصان المعاصر نشأ منذ حوالي مليوني سنة، وكان عاشياً أيضاً، ذا حافر أحادي الأصبع.



جناح الخفاش يحوي مجموعتين من عظام «الأرء» وينقسم بـخمسة مجموعات من عظام «الأصابع» الطويلة.

## نمط مشترك

تعمل التطوُّر على مهايأة أشياء متواحدة قبلاً. فقد يتطوَّر أحد الأنواع إلى أنواع أخرى، مختلفة شكلاً، لكنها تشترك في النمط الأساسي ذاته. واللبنات (التدريجات) مثل جِدَّة على ذلك؛ فإطرافها الأمامية مُعدَّدة الأشكال والأحجام تقوم بوظائف مختلفة - من السباحة إلى القفز. لكن البنية الأساسية لها جميعاً مُتماثلة، مما يوحي بأنَّ اللبنات قد تطوَّرت من سلف مشترك.



الأرء البشرية تحوي مجموعتين من العظام الطويلة، وتتألف اليد من خمس مجموعات من عظام الأصابع.



رغفة التلغين الأساسية تحوي مجموعتين من عظام «الأرء» وخمس مجموعات من عظام «الأصابع».

## جورج لويس بوفون

في القرن السابع عشر، كان الاعتقاد السائد أنَّ للكائنات الحية خصوصية الخلق؛ وأنَّ كل نوع من النبات أو الحيوان ذو خصائص ثابتة لا تتحوَّل. وهو رأي لا يزال بعض الناس يقولون به. وكان الكونت الفرنسي، جورج لويس بوفون (١٧٠٧-١٧٨٨)، العالم الطبيعي الفرنسي، من أوائل المُشكِّكين بفكرة الخلق الخاص خلال أبحاث أبحاثها تهيئاً لبُؤلفه «التاريخ الطبيعي» في ٤٤ مجلداً. فهو ارتأى ختمه أنَّ بعض أنواع النباتات والحيوانات أنتجت أنواعاً أخرى، فكان بذلك من أوائل من كتبوا في موضوع النشوء والتطوُّر.



## لمزيد من المعلومات انظر

- الأحافير ص ٢٢٥
- آلية التطوُّر ص ٣٠٩
- تصنيف الكائنات الحية ص ٣١٠
- الزواحف ص ٣٣٠ ، الطيور ص ٣٣٢
- الوراثيات ص ٣٦٤
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٠

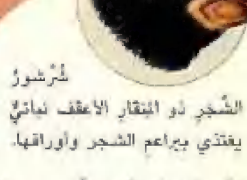
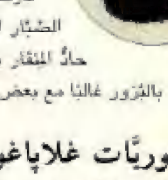
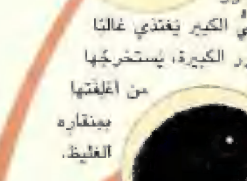
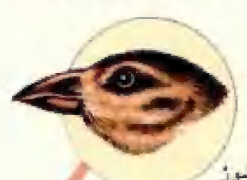


# آليّة التطوّر

لماذا تُغيّر النباتات والحيوانات ببطء من جيل إلى جيل؟ لقد جاء الجواب عن هذا التساؤل مُتوافقًا من عالّمين بيولوجيين، توصّلا إليه مُستقلين في القرن التاسع عشر، هما تشارلز داروين وألفريد راسل والاس. فقد عرّفا أنّ أفراد النوع الواحد تتباين قليلًا فيما بينها، وأن هذه التباينات يمكن أن تنتقل إلى الجيل التالي. ولم تعبّ عنهما حقيقة أنّ أفراد النوع الواحد، كما سائر الكائنات الحيّة، تتنافس على الموارد الضروريّة، كالطعام، من أجل البقاء. وأنّ الخلف ذ التغيّرات الأكثر ملاءمةً لبيئة هُو الأوفر حظًا بالبقاء والتناسل. وهكذا يتطوّر النوع، بالانتخاب الطبيعي، ليصبح أكثر ملاءمةً لبيئته وطرائق عيشه.

شُرشور الشوكة يُثبت شوكه صئار في صقاره لالتقاط الحشرات من بين شقوق اللحاء.

الشُرشور الضاحك ذو المنقار الحاد المُستدق المُرفّ بقتصر غذاؤه على الحشرات.



## شُرشوريّات غلاياغوس

خلال رحلة حول العالم، استغرقت ٥ سنوات على مشن الباحرة البيغل، جال تشارلز داروين، عام ١٨٣٢، في جزر غلاياغوس النائية بعيدًا عن الساحل الغربي لأمريكا الجنوبية، حيث شاهد العديد من الحيوانات الفريدة بما فيها ١٣ نوعًا من طائر الشُرشور. درس داروين هذه الأنواع في مختلف الجزر بعناية ملاحظًا نقاط الشبه والاختلاف فيما بينها. فتوضّحت له فكرة تحدّثها من أصل واحد جاءها من البر الرئيسي. فالشُرشور الأصلي كان يغتذي بالزور ويتّرج على الأرض، لكن ألسانه طوّرت أشكالًا مُختلفة وأسابيل عيش مُتباينة، بحيث إنّ أكلات الزور أصبحت مناقبها كبيرة وقويّة، بينما أكلات الحشرات غدت مناقبها رفيعة مُستدقة القرف.

## تنازع البقاء

وضعت هذه المتكبة نبات البويضات، لكن صغارها لم تُسلم جميعها وسيُمرّت الكثير منها قبل أن تتجنّ من التناسل، ولولا تنافس المتكبات على الطعام والماوى، لانتفخت بسهولة، لكانت العاكب اكسحت العالم.



متكبة تحمل صغارها عن ظهرها

## الانتخاب الاصطناعي

لا تحدث التغيّرات ضمن النوع طبيعيًا دائمًا، فالتعلّق اللوني على هذه الأزهار هي تقليدات اصطناعيّة - نتجت بتعرض النبتة للأشعة السّنية. هذه الأشعة غيّرت التركيب الجيني (الوراثي) في النبتة بحيث انتقلت هذه السّمة اللونية إلى الجيل التالي، ويمكن تكثير هذه الخاصيّة المُختلطة باستنات هذه النبتات بالتأثير الاصطناعي. إنّ العمل على نشر التغيّرات النابتة والحيوانيّة هكذا هو انتخاب اصطناعي.



## تشارلز داروين وألفريد راسل والاس

تطوّرت نظريّة الانتخاب الطبيعي، أو بقاء الأصلح كما تُسمّى أحيانًا، لُكل من داروين (١٨٠٩-١٨٨٢) ووالاس (١٨٢٣-١٩١٣). وقبل نشر أعمالهما عام ١٨٥٨، اعتقد الكثيرون أنّ النباتات والحيوانات تتطوّر بتغيّرات جلال حياتها وأن هذه التغيّرات المُكتسبة تنتقل من جيل إلى آخر فتُحدث التطوّر. غير أنّ داروين ووالاس قدّما نِشأت تدعم نظريّة الانتخاب الطبيعي. وفي العام ١٨٥٩، نُحِص داروين نظريته في كتابه «أصل الأنواع» الذي لا يزال من أهمّ الكتب الرائدة.

## تطوّر البرغوث

الانتخاب الطبيعي لا يجعل الأشياء أكبر أو أكثر تعقيدًا دائمًا، فكثيرًا ما يتكفّل في أنحوا مُغاير. ففي زمن قديم، طوّر أسلاف البرغوث أجنحة، لكن هذه الأجنحة لم تُقد البراغيث ولا لامت طرائق عيشها، ونتيجة للانتخاب الطبيعي، فقدت البراغيث أجنحتها مُستعصّة عنها بتطوير قوائم خلفيّة قويّة تُمكنها من القفز على مُتن عائلها.



برغوث الاراب (شيللويسيلس كونيولي) يغتذي بدم الارنب.

تقليدات البثوثيا هذه حدثت بالانتخاب الاصطناعي.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الطيور ص ٣٣٢
- الخزعة ص ٣٥٦
- الوراثات ص ٣٦٤
- التناسل الجنسي ص ٣٦٧
- الضجاري ص ٣٩٠
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٠

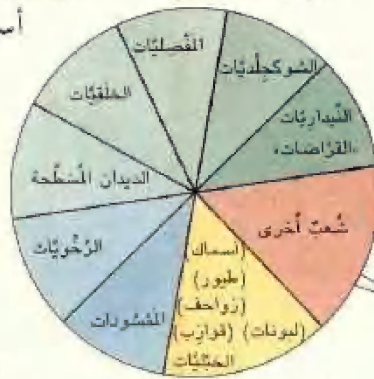


# تَصْنِيفُ الكائناتِ الحَيَّةِ

عالمُ (أو مملكةُ) الحيوانِ

عالمُ الحيوانِ، أحدُ خمسِ مجموعاتٍ رئيسيةٍ من الكائناتِ الحيّةِ، يُشكِّلُ حوالي ٣٠ قسماً يُدعى كُلُّ منها شعبة. بعضُ هذه الشعبِ يضمُّ كثرةً من الأنواعِ، بينما يحوي البعض الآخرُ قلةً فقط. القوقعُ الروماني، مثلاً، ينتمي إلى شعبةِ الرخويّاتِ.

هذا المُخطَّطُ يبيِّنُ بعضَ الشعبِ في مملكةِ الحيوانِ



شعبةُ الرخويّاتِ

تضمُّ شعبةُ الرخويّاتِ حوالي ٩٠,٠٠٠ نوعٍ مِنها يجعلها

إحدى أكبرِ الشعبِ في عالمِ الحيوانِ.

تُكثُّ جسمُ الحيوانِ الرخو طبقاً للدّثارِ

التي تُعزِّدُ صدقتهُ صلابةً في بعضِ الأنواعِ. تُقسمُ

شعبةُ الرخويّاتِ إلى سبعِ طوائفٍ - والقوقعُ الرومانيُّ ينتمي

إلى طائفةِ بطنانيّاتِ الأقدامِ.

طائفةُ بطنانيّاتِ الأقدامِ

تقلّباتُ الأقدامِ ذاتُ قِمةٍ عضليّةٍ شبهٍ مضاعفةٍ بتحريكِ الحيوانِ رَحْطاً عليها. ولأغلبِ هذه الحيواناتِ رؤوسٌ بيّنةٌ الانفصالِ وعُيونٌ فوقَ لوامِسها. وتألّفُ هذه الطائفةُ من ثلاثِ طويقاتٍ: والقوقعُ الرومانيُّ ذو رِبتين، لذا صُنِّفَ في طويقةِ الرخويّاتِ.

طويقةُ الرخويّاتِ

تُقسمُ هذه الطويقةُ إلى رِبتين. فالقوقعُ

الرومانيُّ يستوطنُ اليابسةَ، وله عِنانٌ في طرفي

لامبتهِ، لذا صُنِّفَ في رِبتِةِ ذاتِ اللوامِسِ حاملةِ

العُيونِ (ستيلوماتوفورا).

(ستيلوماتوفورا)

التّصنيفُ

لقد بيّنا على هذه الصفحةِ نسقَ تصنيفِ نوعٍ واحدٍ هو القوقعُ الرومانيُّ.

لاحظْ أنَّ التصنيفَ بدأ بعالمِ الحيوانِ في أعلى الصفحةِ وأخذَ يتحصّرُ حتى

تحديدِ نوعٍ واحدٍ في أسفلها - تبعاً لخصائصٍ مُتّوعةٍ. هذه الفِئاتُ

التصنيفيّةُ ابتدَعها البيولوجيون كإقسامٍ في نظامِ إصباغاتٍ صخيمٍ. وهم كثيراً ما

يستخدمون أقساماً إضافيةً أخرى غيرَ قَبِيّةٍ هنا، كشعبيّةٍ ورِبتيةٍ علياً أو فوقيّةٍ.

رِبتةُ ستيلوماتوفورا

تضمُّ هذه الرِبتةُ أصنافاً عديدةً من

الرخويّاتِ الهوائيّةِ التنفّسِ التي

تستوطنُ اليابسةَ، ولها أعينٌ على

جسديّاتها. وهي تُقسمُ إلى

مجموعاتٍ مُتعدّدةٍ تُدعى

طوائفٌ، وهذه تشملُ فصائلَ من

كلا الفئاتِ والزّرافِ الشّهابيّةِ،

رُغمَ أنَّ معظمَ الرّافِ لا صدغيّ.

وينتمي القوقعُ الرومانيُّ إلى فصيلةِ

الحلزونيّاتِ.

فصيلةُ الحِلزونيّاتِ

الفصيلةُ في التصنيفِ

البيولوجيِّ تعني مجموعةً من

الأنواعِ. وجسمُ الفصيلةِ

تؤخِّدُ مجموعاتٍ من الأنواعِ

تُدعى أجناساً. القوقعُ

الرومانيُّ ينتمي إلى جنسِ

الحِلزونِ لأنَّ صدقتهُ حلزونيّةُ

الشّكلِ.

جنسُ الحِلزونِ

(هليكس)

يضمُّ جنسُ الحِلزونِ عدّةً أنواعاً مُشابهةً جدّاً، يُكَلِّبُ منها اسمُ

علميّ ثنائيّ التسميةِ. الجزءُ الأوّلُ من الاسمِ يُعَيِّنُ الجنسَ الذي

تنتمي إليه جميعُ الأنواعِ - في هذه الحالةِ الحِلزونِ

(هليكس). والجزءُ الثاني يُعَيِّنُ النوعَ ذاته - وهو القوقعُ الرومانيُّ

بوماشيا ويعني ثَقاجي الشّكلِ. وهكذا، فالاسمُ العلميُّ الكاملُ

للقوقعِ الرومانيِّ هو الحِلزونِ الثّقاجي الشّكلِ

أسماءٌ يسهلُ تذكُّرها

قبلَ ابتداعِ لِيَتِوسِ نظامهِ الثّنائيّ التسميةِ،

كانَ المُتَقَنُّونَ يستخدمونَ أسماءَ لائبيّةٍ

وَصُفِيّةٍ لتسميةِ النباتاتِ والحيواناتِ. فهذا

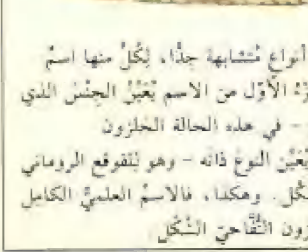
الرسمُ لِوَحيدِ القُرُونِ في كتابِ حيوانٍ في

القرونِ المُسبِقِ يحملُ تسميةً لائبيّةً بمعنى

المُقرنِ الألفِ.



النوع: الحِلزونِ الثّقاجي الشّكلِ (هليكس بوماشيا)





## الكائنات الحيّة

بدائيات النوى (المؤنبر)



يتألف عالم بدائيات النوى (المؤنبر) من المتعضيات الوحيدة الخلية - البكتيريا والطحالب الخضراء المزرقة المعروفة بسيانوبكتيريا. إن خلية المؤنبر بسيطة عديمة النواة، أما جميع الكائنات الحيّة الأخرى فخلاياها شويّة النوى.

الاولى



عالم الاولى يتألف من متعضيات وحيدة الخلية شويّة النواة. وهي في غاية البساطة بحيث يُدرج بعض البيولوجيين فيها الطحالب الوحيدة الخلية التي يرئس آخرون أنها تنتمي إلى عالم النبات.

الفطريات



عالم الفطريات يتألف من متعضيات تتشمل مواد أنتجتها أصلاً كائنات حيّة أخرى. أحياناً تتعامل الفطريات ككائنات، رغم أن بلى خلاياها واساليب عيشها مختلفة تماماً.

النباتات



يضمّ عالم النبات متعضيات تُستخدم الكلوروفيل (البخضور) لتستخرج طاقة ضوء الشمس في تخليق غذائها. جذران خلايا النبات جاسنة لأنها تتألف من السليولوز.

الحيوانات



يضمّ عالم الحيوان متعضيات عديدة الخلايا تتغاث بتناول الطعام. معظم الحيوانات قادرة على الحركة والتنقل، لكن بعضها يمتطي قشراً كبيراً من حياته مُثبتاً في بقعة واحدة، وجدران الخلايا الحيوانية غير جاسنة.

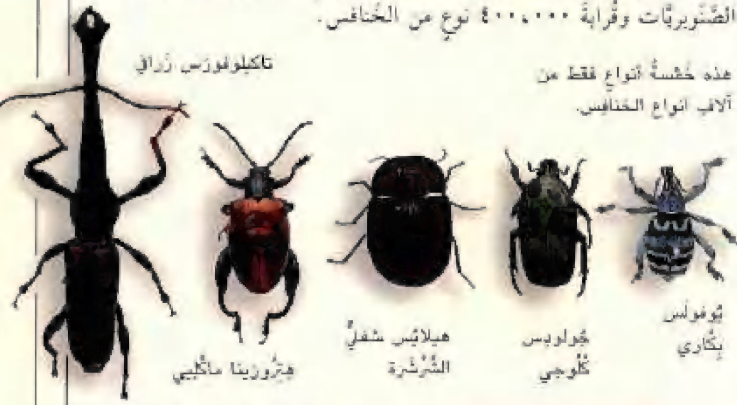
### خمسّة عوالم من الكائنات الحيّة

فيما مضى، قسّم البيولوجيون الكائنات الحيّة إلى مجموعتين فقط: عالم النبات وعالم الحيوان. تمييز الفرق بين البنية والحيوان بدا لهم أمراً سهلاً. فالنباتات خضراء مُجذّرة في مكان واحد، وهي بحاجة إلى الضوء لنجتها. أما الحيوانات فتنتقل عادةً من مكان إلى آخر وتغذي بأشياء أخرى. لكن اكتشف البيولوجيون لاحقاً أن الكائنات الحيّة ليست على ذلك القدر من البساطة. ففي قبضة من التراب، أو سقطة من الماء، هنالك أعداد لا تحصى لها من الكائنات الحيّة الدقيقة التي لا تنتمي لأي من العالمين المذكورين. والتعارف اليوم تقسيم الكائنات الحيّة إلى خمسّة عوالم، ومع تغير المفاهيم حول علاقاتها بعضها ببعض، تتغير كذلك الطريقة التي تُصنّف بها.

### كَمْ نوعاً الكائنات؟

لا يزال البيولوجيون يجهلون العدد الحقيقي لأنواع الكائنات الحيّة المتواجدة على الأرض. فقد اكتُشف وصُفّت حتى اليوم قرابة بليون نوع، لكن قد يكون العدد عشرة أضعاف ذلك. فنحن نعرف حوالي ٥٥٠ نوعاً من الصنوبريات وقرابة ٤٠٠,٠٠٠ نوع من الحنافس.

هذه خمسّة أنواع فقط من آلاف أنواع الحنافس.



تاكيلوفورس زرقاقي

هيترونيلا ماكليبي

هيلائس شقر

جولويس كلوجي

يوفولس يكتاري



الطاووس

الأسد

النعام

الإنسان

حيوانات جانبية العينين

حيوانات أمامية العينين

حيوانات طويلة العنق

حيوانات قصيرة العنق

حيوانات طويلة الذيل

حيوانات تنمشي على رجلين

### خصائص عديمة الأهمية

يُحاول البيولوجيون تصنيف الأنواع بطريقة تُبين كيفية ارتباطها بالتطور. لذلك فإنهم يتخيرون الخصائص التي تشترك فيها الأنواع المختلفة. لكن أيّ الميزات هي الأهم؟ مُحطّط العلاقات أعلاه، يُبين أحد الشلّ تصنيف أربعة حيوانات على أساس شكلها الخارجي؛ وهذه طريقة قديمة البتة.



### اختيار الاسم

المُكتشف الأول ليرع جديد

من الكائنات له شرف اختيار اسم.

لذلك النوع. هذه جمجمة ديتوسور يدعى بارونيكس ووكري.

فالجزء الأول من الاسم يُشير إلى مخالب الدينوسور الثقبلة.

أما الجزء الثاني فيُحيي ووكري المُكتشف - بل ووكري.

### خصائص مهمة

يُوسي مُحطّط العلاقات الأولى أن النعام أوّل صلة بالإنسان منها بالطاووس؛ لكن الإدراك السليم يُشيع ذلك، لأن النعام والطاووس كلّها مكشوفة بالريش وذات مناقيد. بخلاف الإنسان. فمحطّط السب أعلاه أكثر معلومة، لأنه يجهّد سمات أساسية. كالريش وبنية العظام، وهي تعطي دلائل تصنيف أفضل.

### لمزيد من المعلومات انظر

- التطور (الشجرة بالتحوّل العُصوي) ص ٣٠٨
- آلية التطور ص ٣٠٩
- الرحلات ص ٣٢٤
- الخلايا ص ٣٣٨
- التحقيق العُصوي ص ٣٤٠
- الهياكل الداعمة ص ٣٥٢
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٠



# الحُمّات (الفيروسات)

حُمّات خاويةٌ تتنصّبُ بالخلية من الخارج.



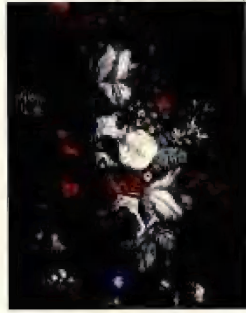
## لاقيحات البكتيريا

لاقيحات البكتيريا ضُرِبَ من الحُمّات مهاجمٌ البكتيريا (الجراثيم) ليتكاثر. هنا جرثومة (بكتيرية) تعرّضها للاقحات البكتيريا تـ. الحُمّات الخاوية مُنصّبةٌ بالخلية الجرثومية من الخارج، بعد أن حقنت محتواها من د ن أ (الحمض النووي الرببي التنفوس (الأكسجين) داخلها.



## أنوف سيّالة

تُسبب لك حُمّات الزكام أنفاً "سيّلاً" وعندما تُعطس، تنثر في الهواء رُشاشاتٍ تحوي ملايين الحُمّات نافلةً غدوى الزكام إلى من يستشعرها.



زُهرية - بريشة جان فان هويسوم (١٦٨٢-١٧٤٩).

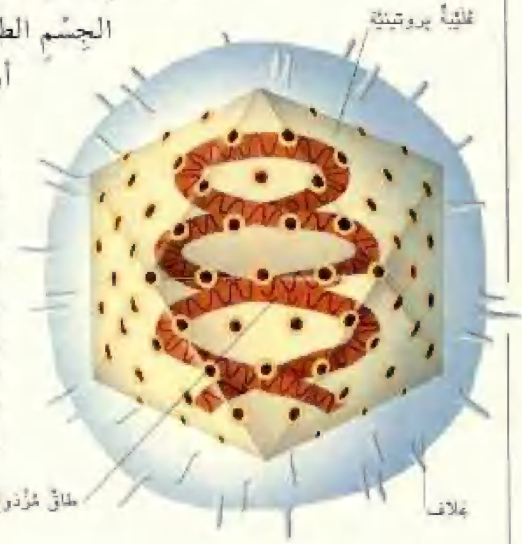
## حُمّات عزيزة

تُحقنُ حُمّةٌ مُنصّبةٌ الخُزّامي، أزيافاً فيسماوية فيها. ففي القرن ١٧، كانت الخُزّامي الثريفة بهذه الحُمّات فاقّة القيمة في هولندا - بحيث تتعامل بها الناس كالأسهم والشهادات، حتى لقد فاق ثمنُ بضلة الخُزّامي الواحد مُعَدَّل دخل الشخص العادي في سنة.

لمزيد من المعلومات انظر
الجراثيم (البكتيريا) ص ٣١٣
الخلايا ص ٣٢٨
البيئة الباطنية (في الأحياء) ص ٣٥٠
النمو ومراحله ص ٣١٢
الوراثة ص ٣٦٤

## استشّاخ الحُمّات

تبدو الحُمّة لاقحة البكتيريا، كأنها مُركّبة فضائيّة مُتلتصّقة، وهي تتسلّح ذاتها بخنجرٍ مُحتواها، من د ن أ، داخل الجرثومة. وهذا يجعل الجرثومة تُحقنُ كلَّ الأجزاء اللازمة لجميع حُمّات جديدة. ثم تنصّب الأجزاء وتخرج الحُمّات الجديدة من الخلية الجرثومية.

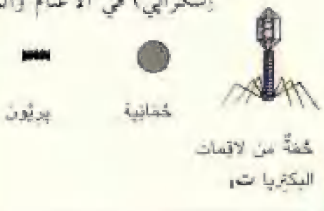


## الحُمّة الخلّية

تُسبب الحُمّات الخلّية الحُمّات والخللُ النفاقي والفُروخ الباردة. في داخل كلِّ حُمّة هنالك طاق مُزدوج من المادّة الكيماوية الوراثيّة د ن أ، التي تحوي جميع "التعليمات" اللازمة لجعل الخلية الحيّة تستنسخ الحُمّة. تحفّظ الد ن أ غليظة بروتينيّة عشرونيّة الأوجو المُتمائلة، تُلّفها طبقة واقية تُدعى الغلاف. فعندما تصادف الحُمّة خليةً مُناسيةً، يتجمّع غلافها بعشاء الخلية - كما تنصّب ممّا فُتّعتان، ثم يدخل باقي الحُمّة إلى الخلية حيث يُستنسخ. أحياناً، تستوطن الحُمّات الخلّية جسم الإنسان عدّة سنين دون إيداعه.

## أصغر فأصغر

الحُمّات ليست المُجسّمات الكيماويّة الوحيدة التي تُصيب الخلايا الحيّة. فهناك الحُمّاتيات (شبه الحُمّات) الأصغر، وتتألّف الحُمّاتيات من قطعةٍ أقصر من المادّة الكيماوية الوراثيّة د ن أ (الحمض النووي الرببي) دون غلاف بروتيني. وهناك أيضاً البريونات التي هي أصغر من الحُمّاتيات، ويُعتقد أنها تتألّف من بروتينات فقط بخلاف الحُمّات والحُمّاتيات. تُسبب الحُمّاتيات أمراضاً عديدة في النباتات، فيما تُسبب البريونات الهُزال والشّلل (قرص إسكرامي) في الأغنام والماشية.





# الجراثيم (البكتريا)



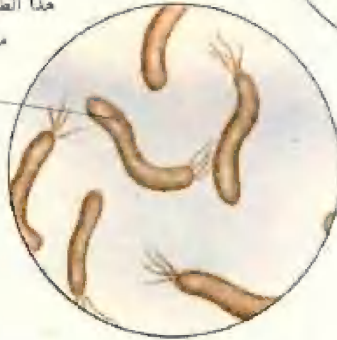
الطاعون الذبلي (الدبلي)

قيل اختراع المضادات الحيوية، كانت الأمراض الجرثومية أحياناً تكتسح مناطق واسعة بأوبئة مروع. خلال القرنين الثالث عشر والسابع عشر، اجتاحت أوروبا الطاعون الذبلي، المعروف بالموت الأسود، ففُسى على ملايين البشر. وتُسبب هذا الطاعون جراثيم تعيش في الجراد وتنتقل منها إلى الإنسان بواسطة البراغيث.

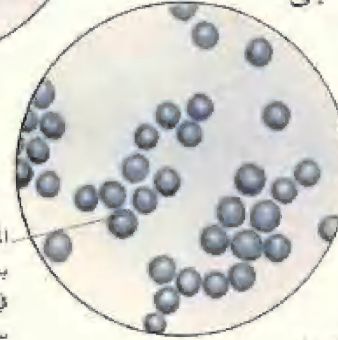
الغليظة لولبية الشكل - بعض الخليزنتات - تؤلف سلاسل.



الغليظة جردوم - غشوي الشكل - يعيش تلقواً أو في سلاسل.

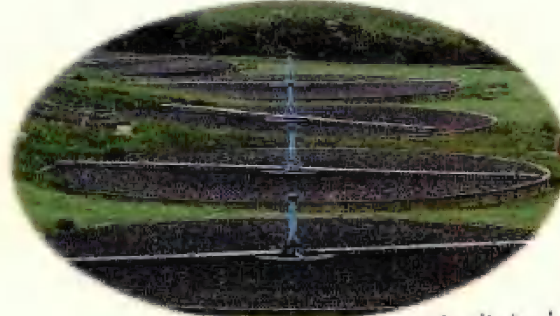


المكورة متوردة الظلية - بعض المكورات تعيش في عنقيد أو في سلاسل طويلة.



## الخلايا الجرثومية

الجرثومة أو الجرثوم النموذجي أصغر من الخلية الحيوانية بحوالي ١٠٠٠ مرة، فلا نشاهد تفاصيلها إلا بالمجهر الإلكتروني. والخلية الجرثومية ذات جدار تحين، وهي غير متحركة. وتعيش البكتيريا إما باستخدام طاقة الكيمياء أو ضوء الشمس، أو بامتصاص مواد غذائية من الفسيفساء النباتية كبقايا النبات والحيوان، أو من الخلايا الحية.



## تكرير مياه المجاري

تلعب البكتيريا دوراً مهماً في معالجة الفضلات البشرية فلا نعدو من أسباب التلوث. في مجتمع تكرير مياه المجاري تُفكّ السوائل الفضالية غير طبقات من تحت الفحم والحصى الدقيقة، فتعمل فيها البكتيريا المتواجدة في تلك الطبقات هاضمة الفضلات وتحوّلها إلى مواد مأمونة أبسط. وهكذا يمكن إعادة تلك المياه إلى الجداول والأنهار دون أن تُعرض الحياة البرية للضرر.

## تخر الأسنان

تعيش في أجسادنا وعليها أنواع عديدة من البكتيريا. فالبكتيريا دائمة التواجد في الفم لاتصله بالهواء. هذه البكتيريا تعيش بوضع مخلفات الطعام، وإذا لم تُنظف أسنانك بانتظام، فستراكم تلك البكتيريا، مكونة لويحات فلاحية بيضاء أو مضمرة. كذلك تُهاجم الحوامض التي تُنتجها تلك البكتيريا مينا الأسنان الضلّة، ومن ثم تُخرتها بتد التخر بسرعة إلى الطبقات الطرية تحتها.



## روبرت كوخ

الطبيب الألماني روبرت كوخ (١٨٤٣-١٩١٠).



ساهم في إرساء دراسة البكتيريا كعلم طبي. ففي العام ١٨٧٦، اكتشف أنّ الجرثوم المُسبب للجذبة الخبيثة (داء يصيب الماشية والإنسان) يمكن استنباطه في المختبر. كما شخص أيضاً البكتيريا المسببة للسل والهيف (الكلوبيرا).

## التكاثر الجرثومي

تتكاثر الجراثيم (البكتيريا) غالباً بالانقسام أي بأقسام الخلية إلى اثنين. ففي ظروف ملائمة - من الماء والرطوبة ووفرة الغذاء - تنقسم الخلية إلى اثنين كل ٢٠ دقيقة، أي إنّ الجرثومة تُنتج ثلاثة أجيال خلال ساعة واحدة فقط. ففي ٢٤ ساعة تُنتج الاقسامات المتكررة حوالي ٥٠٠٠ بليون بليون جرثوم!

بكتيريا على سطح السن

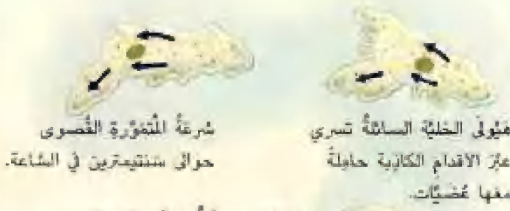
## لمزيد من المعلومات انظر

- الخلايا ص ٣٣٨
- التخليل الضري ص ٣٤٠
- الأسنان والفكان ص ٣٤٤
- البيئة الباطنية (في الأحياء) ص ٣٥٠
- النمو وتراجعه ص ٣٦٢
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٠



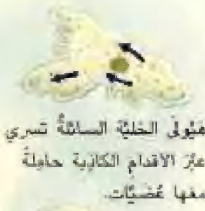
# المتعضيات الوحيدة الخلية

الأماكن الرطبة كالبحار والغدران والأراضي السبخة تزخر بمتعضيات وحيدة الخلية تدعى الأوليات (البروتستا). ورغم أن هذه الكائنات الأولية أكبر من البكتيريا، فإن معظمها من الدقة بحيث لا يرى بالعين المجردة. والخلية في الأوليات تختلف اختلافاً كبيراً عنها في البكتيريا، فهي تحوي نواة بالإضافة إلى عضيات تقوم بوظائف متنوعة للمحافظة على حياة الخلية. وتغذي الأوليات بطريقتين: فبعضها يُخلق الغذاء كالنبات - باستخدام طاقة ضوء الشمس؛ وبعضها الآخر، ويدعى الأولي الحيوانية (البروتوزوا)، يتصيد الفرائس ويأكلها. وجدير بالذكر أن الأوليات لا يمكن فرزها قطعاً كشبه نبات أو شبه حيوان، إذ إن بعضها شبيه بكلّيهما - يُخلق طعاماً باستخدام ضوء الشمس، وأيضاً يأكل متعضيات أخرى.



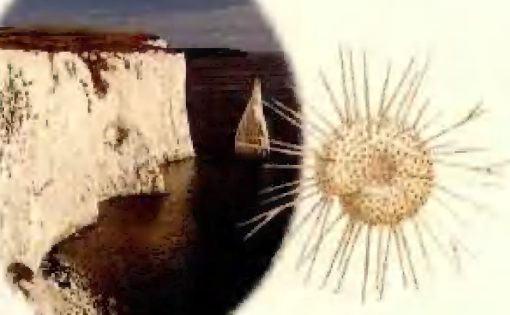
كيفية تحرك المتصورة؟

تستطيع المتصورة (الأميبية) تحويل بعض من قيلول خليةها (الشيتوبلازم) إلى جامد هلامي، ثم إعادة ثانية إلى الحالة السائلة - فتصنع بذلك "أقداماً" مؤقتة تدعى أقداماً كاذبة. أثناء تحرك الأميبية تصبح حواسب تلك الأقدام جامدة وتثبت في موقعها، بينما تسري الأجزاء الأمامية والداخلية إلى الأمام.



كيفية تحرك المتصورة؟

تستطيع المتصورة (الأميبية) تحويل بعض من قيلول خليةها (الشيتوبلازم) إلى جامد هلامي، ثم إعادة ثانية إلى الحالة السائلة - فتصنع بذلك "أقداماً" مؤقتة تدعى أقداماً كاذبة. أثناء تحرك الأميبية تصبح حواسب تلك الأقدام جامدة وتثبت في موقعها، بينما تسري الأجزاء الأمامية والداخلية إلى الأمام.



تتكون النواة أعمال الخلية. عند التكاثر تنقسم النواة والخلية كلاًهما إلى شطرين.

تعمل الفجوة القلوص كالمضخة. فتجذب الماء الفائض ثم تدرسه خارج الخلية.

تجول الديدانيوم باحثاً عن طعام.

**المتصورة (الأميبية)**  
المتصورة (الأميبية) نوع خاص من الأوليات التي لا شكل ثابت لها. فتتحرك خليةها الوحيدة الكبيبة الشكل بالانسياب في أي اتجاه. تستوطن المتصورات المياه وتغذي باعتبار الفرائس، فيختبز الطعام في فقاعات تدعى فجوات غذائية حيث يتم هضمه لاحقاً. تتكاثر المتصورة بانقسام الخلية إلى اثنين.

**صراغ الأوليات**  
قد تكون الأوليات صغيرة، لكن عالمها يضم بعض الكائنات الضاربة. هناك الديدانيوم نهجتم البرايبيوم مطلقاً نحوها ساقاً على غريبتها عند بدء المعركة. وبالرغم من أنها أصغر من لريبتها بكثير، فهي تمسك لئلتلعها. هذان الكائنان الأوليان كلاهما من الهديات التي تجذبت غير الماء بواسطة شعيرات دقيقة تدعى أهداباً.

**النموس (البغوض) والملايا (البرداء)**  
الملايا داء خطير ينتشر بخاصة في المنطقة المدارية، ويسببه طفيلي الملايا (اليلازموزيوم)، الذي ينقله البغوض في غدده النعابية من النصاب إلى شخص سليم حيث يتكاثر داخل كبده وخلايا دية الخمر. وكل بضعة أيام تخرج خلايا الطفيلي الأولى الحديدة من خلايا الدم الحمراء فتسبب نوبات حموية. تحتجب الناموسة الملوثة بخلايا طفيلي الملايا داخل غدها النعابية. فإذا ما لسعت شخصاً تنتقل إليه هذه الخلايا.



خلية دم بشرية حمراء

لزيد من المعلومات انظر
الجرانيم (البكتيريا) من ٣١٣
الخلايا ص ٣٣٨
التخليلي الضوئي من ٣٤٠
التكاثر اللاجنسي ٣٦٦
حقائق ومعلومات ص ٤٢٢



# الفطريات

الفطريات عالمٌ من المتعضيات السوية تنوّي الخلايا - منها المألوف الكبير كعيش الغراب والفطر الغاريقوني والكمأة، ومنها المجهرى الوحيد الخلية كالعفن والخمائر. تتألف الفطرّة الكبيرة من قسم ظاهرٍ مظهرٍ الشكل ومن كتلةٍ خوطانٍ دقيقةٍ متواليةٍ في التربة أو في موادٍ عضويةٍ كالخشب المهترى. والفطريات، بخلاف النباتات الخضراء، عاجزةٌ عن تخليق غذائها؛ لذا تعيش متطفلةً على كائناتٍ حيةٍ أخرى أو على موادٍ عضويةٍ ميتةٍ. والفطر، مع البكتيريا، من المفككات المهمة في تحليل بقايا النبات والحيوان مُعيدةً موادّها الكيماويةً لِتُستعملَ مجدداً. وتتكاثر الفطور خضرياً وجنسياً، والكثير منها يُصيب الإنسان والحيوان والنبات بأمراضٍ مختلفة. بعض الفطور يؤكل، ومنها ما يُستخدم في التخمر وفي تحضير المضادات الحيوية كعفن البنسلين.



## نكهات فطرية مطيبة

رغم أنّ بعض الفطر سام، فالكثير من الأنواع المامونة يُستخدم في إغناء نكهةٍ مُثيرةٍ على بعض الأطعمة. كتلّ الخنّ أعلاه لوثت بفطر البنسليوم الذي ينمو عليها فيحببها مذاقاً خاصاً.

## غاريقون الذباب

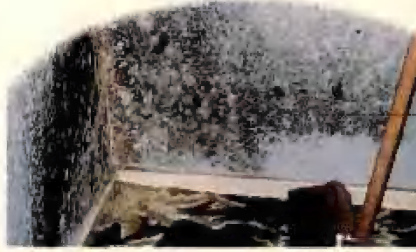
غاريقون الذباب (أمانيتا مسكوبا) فطرٌ سامٌ يتكاثر بتكوين رؤوسٍ مظهريةٍ ذات تقاطيعٍ غشوميةٍ في سطوحها السفلى. في هذه الخياشيم تتكوّن الأبواغ الشبيهة بالزور الدقيقة. وحين تفرّخ الأبواغ تذروها الرياح؛ فإن وقع البوغ في مكانٍ ملائم، ينمو مكوناً كتلةً خوطانٍ فطريةٍ جديدة.



تفصل بين الخياشيم فجوات ضيقة تسمح للأبواغ بالسقوط إلى أسفل. وقد يُطلق الرأس الفطري ملايين الأبواغ.

عفن السمّ (كلادوسبوروم كلادوسبوروس) نادر على جداري رطب.

تتألف الشائ من كتلة خوطان (ج. خوط) فطرية متضامة متدا.



## الفطريات حوالى المنزل

تنمو أنواع كثيرة من الفطريات داخل المنازل وخولها، كالعفن الذي يستقر على الجدران الرطبة الباردة مكوناً بُعاً سوداء. كما يُهزئ العفن الجاف (سربولا لاكريمانس) المكتب في البيوت القديمة. كذلك يُصيب العفن الفطري والطحناً أشجار الخدات وتحاصيل الفروع.

## مجاعة البطاطا

عفن البطاطس فطرٌ غيّر مجرى التاريخ. ففي منتصف القرن التاسع عشر، ضرب هذا العفن (فيلوتورا إنفستانس) نباتات البطاطا في أيرلندا على مدى عدة سنوات متتالية، مما اضطر آلاف الناس المتضورين جوعاً للهجرة إلى أمريكا الشمالية.

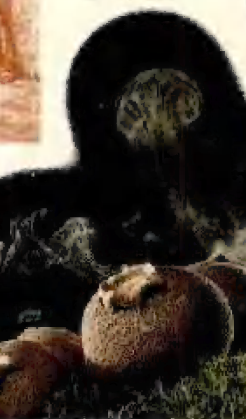


فقع الذئب (لايكوبودون پايريورسي)

لزيد من المعلومات انظر
الجرانيم (البكتيريا) ص ٣١٣
التخليق الضوئي ص ٣٤٠
الاغتذاء ص ٣٤٣
التكاثر اللاجنسي ص ٣٦٦
دورات في الغلاف الحيوي ص ٣٧٢
الفضلات وإعادة تدويرها ص ٣٧٦
حقائق ومعلومات ص ٤٢٠، ٤٢٢

## فقع الذئب (الفطر الكروي الثقث)

تتكوّن أبواغ فقع الذئب داخل رأس كروي. هذا الرأس يُجفّ تدريجياً ليغدو كيساً أجوف يتفجر بمنّ حيواني أو فطري مظهر باعاً الأبواغ غير قلبٍ قميّ فيه.



الفطريات الوحيدة الخلية الخمائر أنطازٍ مجهريةٍ وحيدة الخلية تتكاثر غالباً بالتبرعم. وهي تغذي بالشكرات مخولة إياها إلى تحولٍ أو موادٍ أخرى في عملية تدعى الاختيار. وتُستخدم الخمائر في إنتاج المشروبات الكحولية وفي تخمير العجين.

خلايا الخميرة (سكاروفيسيز سيرفيسيا)

## السير ألكسندر فلمنج

عام ١٩٢٨ لاحظ

الجرانيمي الاسكتلندي

ألكسندر فلمنج

(١٨٨١-١٩٥٥) أنّ عفنًا

لوث المُستنبتات البكتيرية

في أحد الأطباق في

مختبره فأبادها. فعزّل

فلمنج المادة التي أنتجها

الفطر، وأسماها البنسلين - أول عقارٍ من

المضادات الحيوية. ونتيجةً لإبحاث

لاحقة أنقذ البنسلين حياة ملايين

الأشخاص.





# اللازهرّيات

تختلف النباتات الخضراء عن الفطريات بأنها تُخلّق غذاءها من موادّ بسيطة كالماء وثنائي أكسيد الكربون بطاقة ضوء الشمس وفعالية الكلوروفيل (البخضور) في أوراقها. تُقسّم النباتات الخضراء إلى قسمين رئيسيين - هما اللازهرّيات والنباتات المزهرة. ظهور اللازهرّيات يعود إلى أكثر من ٣٠٠ مليون سنة وشملت الطحالب والسرّاجس والحزاز، وقد بلغ بعضها أحجاماً عظيمة. وهذه النباتات لا تزال موجودة، لكن المتواجدة منها على اليابسة صغير عادة، ويقع غالباً في الأماكن الظليلة. تتكاثر اللازهرّيات بنثر أبواغها، والكثير منها تتعاقب أجياله بين البوغي والمشري. الجيل البوغي يُنتج الأبواغ التي لا تلبث أن تنبت لتنتج جيل المُشيرات (البروتالوس) الذي يُنتج الأمشاج (الخلايا التناسلية أو الأعراس).



ليس لغشب البحر المعروف بالكلب أوراقاً حقيقية، بل شقائق شديدة.

## عملاق تحت مائي

الكلب العملاق (ماكروسيسنس بيريرا) هو أكبر الطحالب في العالم ومن أسرعها نمواً.

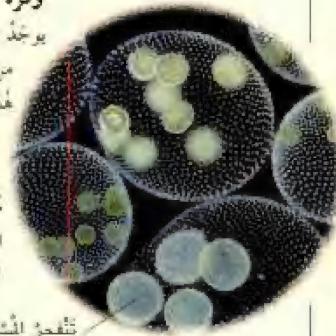
ويستطيع غشب البحر هذا التحول من خلية واحدة إلى نبتة طوله ٥٠ مترًا في سنة واحدة، والأقدم عهدًا قد يبلغ طولها ٢٠٠م. ينمو الكلب العملاق في المياه الباردة على مقبدة من كاليفورنيا، بالولايات المتحدة، حيث يُشكّل "غابات" تحت مائية، تُوفّر المأوى والغذاء للكثير من الحيوانات البحرية كالأسماك والقضاعات (طحالب البحر).

## وفرة من الطحالب

يوجد أكثر من ٢٠,٠٠٠ نوع

من الطحالب، تتفاوت حجمًا بين هذه النبتة المائية المجهرية المعروفة بالفولفوكس وبين الكلب العملاق. يتألف الفولفوكس من كرة خلايا موصغة في وسط خلّامي، وتتكوّن المستعمرات الوليدة داخل المستعمرة الأم ثم تنبت عندما تبلغ حجمًا كافياً.

تتفجر المستعمرة الأم لتطلق المستعمرات الوليدة.



## استعمالات الأعشاب البحرية

لعلك تصادف الأعشاب البحرية يوميًا دون أن تدري. فخلاصات هذه الأعشاب تُستخدم عادة في تغليظ قوام البوظة، وفي المرطبات والغراء ومعالجة الأسنان - وحتى في المتفجرات. والأعشاب غنيّة بالمعادن المفيدة، لذا تُجمع أحيانًا لِصنع المحضبات.



يُستخلص الكاروتين والاليغينات من الأعشاب البحرية وتُستخدم كتغلّطات لبعض الأطعمة.

نبتة الشرجس (جيل بوغي)

لاقحة (زيجوت) تحت النبات المشيجي

الإخصاب

أبواغ

مُشيرة (نابت الجيل المشيجي)

قوة حياة نبتة لا مزهرة نموذجية

## السرّاجس الشجرية

السرّاجس الشجرية أطول النباتات اللازهرّة على اليابسة. وهي تنمو غالبًا في المناطق المدارية، وينمو البعض منها في أماكن أبرد كنيوزيلندا.

للكلب، بدلاً من الساق العادية، شويقات شطاطية خفيفة.

تحمل الكبديات شرائط مُسطحة أو شرائط مُقلّعة تُشبّه الأوراق.

## الكبديات

الكبديات الطحلبية وثيقة الصلة بالحزازيات. فهي نباتات مُسطحة نشأ قُطعا من الشريط الأخضر. ومع تقدّم نمو النبتة يُنمّح الشريط الانقسام إلى اثنين. تتشظّل الكبديات الأماكن الرائدة الرطبة، كاستجواف الصخرية وبخفاف الجداول.



يزي الكلب العملاق في قاع البحر مُثلّث وزسائوي يشبه الجذور.



## الحزاز

كثلة الحزاز تتألف من تكاثر نبات فُطريّ فوق صخر أو جذع شجرة. يُطلق الحزاز أبواغاً من غليبات مُخلولة على شويقات صغيرة. وإذا تفلّحت عن كب فقد نشاهد تلك الغليبات أحياناً.

## لزيد من المعلومات انظر

- الخلايا ص ٣٣٨
- التخلّيل الضوئي ص ٣٤٠
- نظام النقل في النبات ص ٣٤١
- التنفس الخلوي ص ٣٤٦
- التكاثر اللاجنسي ص ٣٦٦
- التناسل الجنسي ص ٣٦٧
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٠



# الصنوبريات

الصنوبريات (أو المخروطيات) لا تزهر ولا تثبت من أبواغ، فكيف تتكاثر؟ والجواب هو أنها تكون مخاريط (أكواز) والمخروط ينتج إما خلايا ذكورية أو خلايا أنثوية، وتنتقل الخلايا الذكرية إلى الأنثوية لتكون البذور. والبذور، بخلاف الأبواغ، كاملة بمددها الغذائي للإنسان. هنالك حوالي ٥٥٠ نوعاً من الصنوبريات كلها تقريباً شجرية، كأنواع الثوب (الشوح) والصنوبر، معظمها ذو ورق عسيبي رفيع، حرسفي أو إبري، يحتمل البزء القارس. وفي بعض مناطق العالم القاسية بزء الشتاء تولف الصنوبريات جراجاً تمتد على مدى الأفق.



صنوبر الشبلي (مشاة القرد)

صنوبر الشبلي (أزوكاريا أوركانا) من الصنوبريات غير العادية. فهو ثنائي المسكن تنمو أكوازه الذكرية والأنثوية على أشجار منفصلة، وأوراقه جلدية حادة.

## الأكواز والبزء

الأكواز الثمة الشو حاملة البزء متعددة الأشكال والأحجام - معظمها خشبي، لكن بعضها طري زعري الشكل. أكواز الصنوبر والرائنجية (سيبا) تسقط غالباً بكاملها على الأرض، لكن كيران الأزز والخثوب تنفتح ببطء على أغصانها.

تنغلق الخراشف في طبس رطب



تنفتح خراشف الصنوبر في الطقس الجاف لتطلق بزوزها.

كل حرسفة تحمي زوجاً من البزوء المخبئة.



## مضيدة كهربية

احتبس هذا العنكبوت وحفظ منذ ملايين السنين في الكهرمان - الشمع الراتنجي المتحجر. فالراتنج شديد اللزوجة تستخدمه الصنوبريات لصء الخسرات عن ثخر خشبها. لحاء الشجرة الصنوبرية يزء هذا الراتنج إذا جرح، فيخبس الحشرات أو العناكب التي تلامسه.



أوراق اللفسوس (شفسوس ياكاتا) الإبرية المسطحة تنمو على جانبي العصب المتقابلين.



أوراق صنوبر اسكتلندا (بئس سيلفستريس) إبرية زفيدة تنمو أزواجاً.

## أوراق الصنوبريات

معظم الصنوبريات ذات أوراق صغيرة جلدية تنوم سنة أو أكثر، وهي لبسب كلها إبرية الشكل. فالكثير منها نصير مسطح يعرف بالحراشف. ومن الصنوبريات قلّة تسقط أوراقها في الخريف، منها أزرئة اللارفس وسرر المشتفعات (تاكسوديوم ديسكوم).



## الصنوبريات القديمة

صنوبر أمريكا الشمالية الهلبي الكيران (بئس لونجفا) هو أقدم الأشجار الحية في العالم. ويبلغ عمر بعض المتبقية منها أكثر من ٦٠٠٠ سنة! ويعكف العلماء على دراسة شمس خلفات النمو في جذوعها لتعرفوا تقلبات مناخ العالم غير الشين.

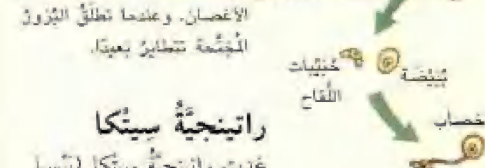
أوراق اللارفس الأزرئة (لارفس ديسكوم) تنمو في عناقيد وتسقط في الخريف.



يسقط الكور الذكرى الطري ملايين خبيبات الطلع (الخلايا الذكرية) في الهواء.



الأكواز الأنثوية الثمة الشو تنزل من الأغصان. وعندما تطلق البزوء المخبئة تتطاير بعيداً.



## راتنجية سيبكا

عذت راتنجية سيبكا (سيبا سيكيز)، من صنوبريات أمريكا الشمالية، تسخر جراجاً في جميع أنحاء العالم - لإفادة من خشبها الجيد ولصنع الورق. وهي أحادية المسكن لها أكواز ذكورية وأنثوية على الشجرة نفسها. ويمكن تعرف أنواع السيبا من أوراقها الإبرية الضلعية المتصلة بأوتاد صغيرة على أغصانها. كما يمكن تلمس هذه الأوتاد على عصب عتي تساقطت أوراقه.

أوراق الشوكية العملاقة (سيكويادندرون جيغنتوم) دفيقة عرسفية الشكل تكاد تمتد فتكة على الأغصان.

لمزيد من المعلومات انظر
الساخات المتغيرة ص ٢٤٦
الزهرات (النباتات الزهرية) ص ٣١٨
نظام النقل في النبات ص ٣٤١
النمو ومرآجه ص ٣٦٢
غابات المنطقة المعتدلة ص ٣٩٦
حقائق ومعلومات ص ٤٢٠، ٤٢٢



# الزَهْرِيَّات (النباتات الزهرية)

الأزهارُ بروائعها الزكّية وأشكالها البديعة وألوانها الجذابة مُتعةٌ جماليّةٌ للإنسانِ مُنذُ القدم. لكنّ الأزهارَ ما نشأت لِثَمَتِنا - بل هي تطوّرتْ كوسيلةٍ تناسُلٍ بأعضائها الذكوريّة (الأسدية) الحيطيّة التي تحملُ حبوبَ اللقاح، والأنثويّة (المِدَقّة) التي يتلقّى ميسمُها حبوبَ اللقاح، فيوصلها عبرَ القلمِ لإخصابِ البويضات في المبيض. وقد تحوي الزهرةُ كلا الأسدية والمِدَقّة أو تقتصرُ على أحدها. الزهرِيَّاتُ أنواعٌ تزيدُ على ٢٥٠,٠٠٠؛ وتقسّمُ إلى فئتين رئيسيتين - ذواتِ الفلقتين، والوحيدة الفلقة. تتميزُ الثانيةُ بالفلقة الواحدة في جنينِ بذرتها وبالتعريقِ المُتوازي في أوراقها الطويلة؛ بينما بُدورُ الأولى ثنائية الفلقة ومُتشابكةٌ تعريقِ الأوراق.



حبّباتُ اللقاح من أزهارٍ أخرى  
تلقّطُ على الميسم (السمة).  
لهزّةُ الخشخاش يستغلّ فيها  
إخصابُ البويضات  
ذاتًا باللقاح  
من مآبٍ  
أسديتها.

تُنتجُ حبّباتُ  
اللقاح (حبّاتُ  
الطلع) في مآبٍ  
الأسدية فتلتهمُ  
الخصراتُ الزائرة  
بعضه، وتنقلُ قشقا  
منه إلى أزهارٍ أخرى.

بُزْغَمُ زهرة  
الخشخاش تحبب  
وَزَلَقَتان كاسيتان وهما  
شفتان بعد تفتح  
الزهرة. زهرةُ الخشخاش  
المتفتحة تنوي في  
اليوم التالي.

تُويجِيَّاتُ  
الخشخاش  
(المستور) الزاهية  
اللون تختبئ  
الحل والخنافس  
والثباب.



الخشخاش من ذوات الفلقتين  
أوراقه شتكية الغروق، وأزهاره  
رباعية التويجيات كالكثر من  
ذوات الفلقتين.

## الخَشْخَاشُ الشَّائِعُ

الخَشْخَاشُ الشَّائِعُ (البَرْقُوقُ أو الشَّقِيقُ)  
نبته زهريةٌ حوليّةٌ تمودجيّةٌ؛ تنمو وتزهّر  
وتبذر وتموت في موسمٍ واحد.  
النباتاتُ الحوليّةُ سريعةُ النمو في أيّ  
تُتعة مكشوفة من الأرض. فاليزور  
المُنتشرة تبقى هاجعة حتى تصبح  
الأحوالُ ملائمةً للإنتاش. وقد يستغرق  
ذلك أحيانًا عدّة سنوات. أمّا النباتاتُ  
المُعمّرة فتعيش أكثر من موسمٍ واحد؛  
وهي ذاتُ جذورٍ مُعلّورة - يُخترن  
بعضها الغذاء تحت الأرض في  
بُصيلاتٍ أو عُسافيل. بعض  
المُعمّرات يُزهر مرّةً واحدة، لكنّ  
مُعظمها يُزهر سنويًا.

## أزهارٌ مُتفصّلةُ الجنس

جلافاً لزهرة الخشخاش الحشّ  
(التي تحوي أعضاء الذكّر والأنثى  
معاً)، فإنّ نبتة الخيار (كَيُوكُومِس)  
ساتفس ذات أزهار ذكورية أو أنثوية  
متفصّلة. أمّا نبتة الكيوي المُثمرة  
(أكتيديا شائنييس) فأزهارها  
أحادية الجنس إمّا ذكورية أو أنثوية.



زهيراتُ الفُزَم  
الصفراء تُنتجُ حُبّار  
اللقاح والبويضات.

زهيراتُ شعاعية



## زهرة مُرَجّية

زهرةُ الأَفْخُوان (بليس بريس) زهرة مُرَجّية، يتألف  
رؤسها من زهيرات عديدة صفراء لاطئة في قُص  
وسطيّ تحيط به زهيرات شعاعية حافية تحبلُ كل منها  
تُزجيّة (نبتة) واحدة بيضاء.

نبته الخيار



زهرة أنثوية ذات  
عبيص طويل.

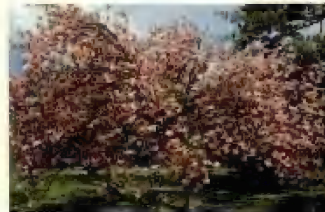
## التلقيح الرّيحِيّ

يتمّ نايبر (تلقّح) النباتات  
المُشيبة بواسطة الرّيح، إذ  
تندلّج مآبرها فتذرّو الرّيح  
غبارَ الطلّغ منها في  
الهواء. وتُشكّلُ الغُبيّات  
إحدى كُزيّات فصائل  
النباتات الأحاديّة الفلقة.



## الأشجارُ والزّهر

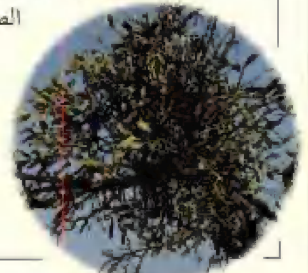
الشجرة نبتة ذات جذع خشبي  
طويل مُفرّد. بعضُ الأشجار  
سنوبية إبريّة أو خَرشفيّة  
الأوراق؛ ومئات أخرى من  
الزّهريّات عريضة الأوراق.  
أشجارُ الكرز تنتمي إلى الفصيلة  
المُزديّة من الزّهريّات.



شجرة كرزٍ مُزدهرة (تروئس سيولاتا)

## النباتاتُ الطّفيّليّة

بعضُ النباتات تُخترس كُلّ غذائها أو بعضه من  
سواها، فجذورُ الهدال (فيككوم ألبم) تخترق  
أعصابَ الشجر وتمتصّ نُسجها. والهدالُ خُرنيّ  
التقلّل، إذ إنّهُ قادرٌ أيضًا، بأوراقه الخضراء، على  
تطبيع الغذاء بالتخليق الضوئي. أمّا الرّقليزيّا،  
بزهرتها العِملاقة، المُشيبة على  
الصفحة المُقابلة،  
فهي نبتة طّفيّليّة  
بالكامل.





## التلقيح بالحشرات

بالمقارنة مع الخشخاش، فإن القمعية الأرجوانية (ديجيتاليس بروبورا) ذات أزهار مقلدة حقاً. فتويحيات الزهرة ملتصقة معاً كالقمع، وتمتد أعضاء التذكير والتأنيث تحت سقف القمع. إن تشوُّ الشَّكل هذا يسمح لجنس واحد من الحشرات، هو النحل الطنان، بتلقيح الزهرة. في زهرة القمعية تنضج المأبر والسمة (البيسم) في أوقات متفاوتة بحيث يمتنع التلقيح الذاتي فيها. وعندما تدخلها نحلة طنانة فهي إما أن تجمع اللقاح عن مثير ناظح، أو تمتص اللقاح العالق بها من غير زهرة على السمة الناضجة. وتتكرر هذه العملية مع نقل النحلة من زهرة إلى أخرى.

عندما تفسد اللقطة السمة تستع علىها بعض اللقاح العالق بظهرها وأجنحتها.



تشوُّ الأزهار القمعية بعضها فوق بعض لي أعددة طويلة. تنفتح الأزهار السفلية أولاً، وتنضج المأبر قبل السمة.



### زهرة صلالة

نميش نبتة الرماليزيا منتطفلة بالكامل على لجذور الدوالي (الكزينة) في جنوبي شرق آسيا. وتبلغ قطر زهرتها قرابة المتر وهي الآنقل بين أزهار العالم. وتنبعث منها رائحة قوية كرائحة اللحم الفاسد تجذب الذباب الملقح.



(تازسميس وشترانوس)

### التلقيح بواسطة الحيوانات

أوبوسوم غربي أستراليا الصغير (تازسميس وشترانوس) يعتمد في غذائه بالكامل على الرحيق وخبيات اللقاح. يندد الأوبوسوم لسانه الطويل الحرش إلى أعناق الأزهار، فتمسح خبيات اللقاح من المأبر على وتره بينما تغلق على البيسم خبيات لقاح نقلها من أزهار أخرى. كذلك تقوم الخفافيش بتلقيح أزهار العديد من أجناس الأشجار الاستوائية.

#### لمزيد من المعلومات انظر

- الحلأيا ص ٣٣٨
- التخليل الشوني ص ٣٤٠
- نظام النقل في النبات ص ٣٤١
- النمو ومراحله ص ٣٦٢
- التناسل الجنسي ص ٣٦٧
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٠، ٤٢٢

ترأخف النحلة فُتُنا لنصل إلى المقعر (الرَّحيق) في آخر القمع.

### خبيات اللقاح

خبيات اللقاح مجهزة غالباً لكيها شديدة الشثانة، ويغطي سطحها عادةً أمداد مقلدة من الشوآت والتجاويف

تختلف باختلاف أنواع الثبات. بعض خبيات اللقاح التي تنثرها الرياح لها شبة أشعة دقيقة تسوقها الرياح.



في خبيات لقاح خشيشة السغال (تشي) لايجوزها (اشواك حادة) تغلق يوتر الحشرات.

النواة الذكورية شري مزلو في أنبوب اللقاح.

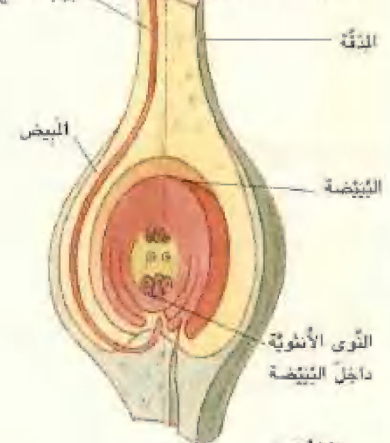


### دورة حياة نبتة زهرة نموذجية

خبيات اللقاح الحايوة النوى الذكورية تغلق على البيسم (السمة)



البيسم (السمة) المذقة أنبوب اللقاح ينمو مُزوذاً.



### الإخصاب

تجد نوى الخلايا الذكورية والأنثوية معاً قبل تكون البزور. فعندما تغلق خبيات اللقاح على بيسم زهرة من النوع ذاته، تثبت المنيعة بسرعة أنبوباً دقيقاً عبر البيسم والقلم إلى البويضات. ويتم التلقيح عندما تلتصق النوى الذكورية بالنوى الأنثوية، فتحدث الإخصاب.



تحول النمل بزور ازهار الربيع



# قناديل البحر والشقائق البحرية والمرجانيّات

قناديل البحر والشقائق البحريّة والإسفنج حيوانات لا فقاريّة (عديمة الصلب). تُولف اللافقاريّات حوالي ٩٧ بالمئة من جميع أنواع الحيوان على الأرض، وتوجد بأنماط وأشكالٍ شاسعة مدى التباين، وأساليبها في الإغذاء والتناسل مختلفة ومتعددة، والكثير من اللافقاريّات مائي العيش - بعضها يقضي حياته البالغة سابحاً أو متجرفاً مع التيار، بينما يظل البعض الآخر مُثبتاً في بقعة واحدة. والحيوانات الحزازيّة والإسفنجيّات تُوسّع غذاءها من الماء، أما قناديل البحر والشقائق البحريّة والمرجانيّات فهي من شعبة

النّيداريّات (القراصات) التي تُهاجم فرائسها بخيوطاتٍ لاسعة. والنّيداريّات كلّها مدوّرة الأجسام دون رأس أو ذيل، وذات تجويف هضميّ وحيد الفُتحة.



مُستعمرة حيوانات حزازيّة

تبدو المُستعمرة الحيوانيّة الحزازيّة، بالعنّ الشجيرة، أشبه بقنّ، وهي، في الحقيقة مجموعة من آلاف الحيوانات الدقيقة، يعيش كلّ منها داخل خنيرة صليبيّة، ويختبئ طعامه بخلفيّة من اللوايس حول الفُتحة الوحيدة. وإذا أزعج الحيوان تنكّش لوائسه داخل الخنيرة.



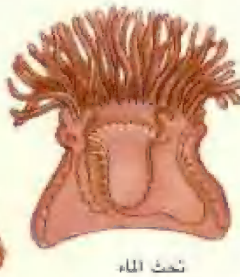
الشوكة الرُغليّة (فيذاليا فيذاليا) هي نيداريّ نموذجي

## النّيداريّات

العامة الزرقاء الكبيّة الشّكل ليشوكة الرُغليّة تُدعى خطّرة للحيوانات البحريّة وللمُسابحين الذين يُقاربونها. إنّ قناديل البحر الحقيقيّ هو، في الواقع، حيوان مُقرّد يسير عبر الماء بحركة نباحة. لكنّ الشوكة الرُغليّة هي مُستعمرة طافية من حيوانات عديدة من المُرجّلات تعيش وتعمل معاً. بعض هذه المُرجّلات يُكوّن لوائس طويلة تلتصق بالفرائس وترفعها إلى الداخل، وبعضها مُتخصّص بهضم الطعام، بينما يقوم البعض الآخر بوظيفة التكاثر.

الشقائق البحريّة تعيش فرادى أو في جماعات صغيرة.

خارج الماء



تحت الماء

## الشقائق البحريّة

إذا استطاعت شاطئاً ضريحاً بعد الجزر، فقد تجد أحياناً نوافذ حلاليّة صغيرة لرجّة لاصقة بالصخور - لعلّها شقائق بحريّة. ويكثف شقيق البحر بالصخر قرص مضافي، ويُشتر الشقيق حلقة لوائسه تحت الماء لتصلب الحيوانات العابرة بالجزر مُهاجماً إياها بخيوطاته الخيطيّة (خيوطه اللّاصقة). أما أثناء الجزر فيسحب شقيق البحر لوائسه إلى الداخل حتى لا تجف.



دورة حياة نيداريّ نموذجي

يصل طول لوائس الشوكة الرُغليّة، مُتّسبة بالكابل إلى ٢٠م. وإذا ما استطاد لامس سمكة ينكّش ليشحبها ضغفاً.

## لَسْعُ قِنْدِيلِ الْبَحْرِ

لوائس قنديل البحر مُغطاةً بخلايا خاصّة تحوي خيوطاً لاسعة وثيقة اللف تُدعى خويصلات خيطيّة. فإذا لامس حيوانٌ عابراً إحدى تلك الخلايا، تنفجر الخويصلات الخيطيّة نحو الخارج، وفي غضون جزء من الثانية تنقلب الخيوط باطنها ظاهراً طابعة الفريسة بنهاياتها الحادة. مُعظم الخويصلات الخيطيّة تحقن الفريسة بالسم، لكنّ بعضها يلتفت حول الفريسة لينتزعها من الإفلات.

خويصلة خيطيّة تنفجر نحو الخارج.



خويصلة خيطيّة تلفّ داخل خليتها.

## المرجانيّات

بعض المرجانيّات تعيش فرادى، وبعضها الآخر ينمو في مُستعمرات كبيرة، ويتركب بطء طبقة فوق طبقة مُشكّلة نبعانياً مرجانيّة. والمرجانيّات ليلىّ الإغذاء غالباً، فتلتقط لوائسه جسيمات الغذاء وتجرّها إلى تجويفه الهضميّ.

### لمزيد من المعلومات انظر

- الكائنات الحيّة ص ٣٠٥
- الثمّ ونرجله ص ٣٦٢
- التكاثر اللاجنسي ص ٣٦٦
- التناسل الجنسي ص ٣٦٧
- الشراطين ص ٣٨٥
- حقائق وتعلّيمات ص ٤٢٠



# الديدان

إذا سرت على شاطئ البحر بعد الجزر، فقد تشاهد لفائف من الرمل

الموجلي أشبه بمعجون أسنان ابقى من أنبوه. وهي في الواقع فضلات ديدان غزوية حلقية حبيبة تحت سطح الرمل. هذه الديدان حيوانات ذات جسم طويل مشد في حلقات عديدة؟ وهي كالحراطين (ديدان الأرض)

والعق تنتمي إلى شعبة الحلقيات (الديدان المشدفة) التي تولف قسما صغيرا من الديدان التي كلها حيوانات لافقارية. هنالك شعبتان أخريان كبيرتان من الديدان هما شعبة الديدان المسطحة وشعبة الديدان المدورة (الممسودة). وكلتا هاتين غير مشدفة يعيش الكثير منها طفيليا داخل الحيوانات الأخرى. والديدان الطفيلية عامة الانتشار في الحيوانات البرية لكنها تغزو أيضا الحيوانات الداجنة والمذلة. ويتسبب بعضها في أمراض تصيب الإنسان كالعمى النهري (داء كلابية الذئب) وداء الفيل.



الحلقيات العائشة على اليابسة تشو عادة داخل البويضات ثم تفعل بيئاتا متكاملة للتكوين.

## الحلقيات

الدودة الغزوية (أرييكولا ماريتيما) دودة مشدفة تقضي معظم حياتها في جحر نوني الشكل تحفره في الرمل الموجلي وتبطنه بالمخاط كيلا ينهار، وهي تغذي بضح المياه غيرة. تبلغ الدودة النسيجات التي تحملها المياه وتهضم محتوياتها العضوية. ومن حين لآخر تعكس الدودة مسارها في الجحر حتى يبلغ ذيلها السطح، فتدق فضلات الرمل والموجلي اللغافية عليه.

## الديدان المسطحة

جسم الشريطية (الدودة الوحيدة) المسطح أشبه بسكة طويلة لصنع اليوس. تعيش الدودة في أمعاء الحيوانات الطفيلية. كالقطط والكلاب، تستفيد بها بواسطة المصقات والحطاط في رأسها. تمتص الشريطية الغذاء من عائلها (المضيف) وتطلق اليوس في أكياس تفعل عن جسمها.

تساعد الحراطين في إخصاب التربة - فهي يخفروا طبقات التربة وتخلطها، تكثر تهويتها وتخلل الماء فيها.

## الحراطين العملاقة

أستراليا هي موطن الحراطين العملاقة (ميجاسكوليدس أوشترالس) التي قد يزيد طولها على 3 أمتار. وتعيش هذه الديدان، كأقاربها الأصغر، بأبلاع التراب وغضم محتوياته العضوية.

## الفران البحرية

القارة النورية المشدفة (أفروديت أكيولياتا) هي دودة لا تشبه الديدان شحلا. فهي يخجم قصة يد شخص بالغ. ذات جسم متفطح عريض مثل الهذب. هذه الفران تخفر جحورا في الرمل والموجلي في قاع البحر وتأكل ما يتصادفها من الحيوانات الصغيرة.

## المعالجة بالعلق

جسم العلق مشد ذو منصر في كلا طرفيه. يغذي الكثير من أنواع العلق بالدم، ويغزو، بعد العض، مادة كيميائية مانعة للتجلط. وكان الأطباء فيما مضى يستخدمون العلق لفض الدم من المرضى.



بإستعارة الحلقية أن تمتص بشرة كمية من الدم تساوي ثلاث أو أربع مرات وزنها.

## الممسودات

### (الديدان المدورة)

تعيش الديدان المدورة طفيليا أو مستقلة، مختبة عادة؛ وتتواجد بأعداد هائلة في التربة وفي النباتات. ويقول علماء الأحياء أنه لو أزيلت أشجار خرجة وترك ما عليها من ديدان مدورة لظل موقع الخرجة ميتا ليعان.



الشفيرة البشرية (اسكاريس ليريكوئيدس).

## ديدان الصدوع

ديدان الصدوع العملاقة هذه شوهدت للمرة الأولى عام 1977. فهي تسوطن قاع البحر حول مؤهات تتدفق منها المياه المسخنة بركانيا غير فشرة الأرض. تحوي هذه الديدان ضرا من اليكترية يستفيد الطاقة من كيمويات تلك المياه.



## لمزيد من المعلومات انظر

- الهياكل الداعمة ص 302
- الاضطراب ص 360
- النشوء وتمازجه ص 363
- التناسل الجنسي ص 377
- السطحيات ص 386
- حقائق ومعلومات ص 420



# المفصليّات

أكبرُ شُعبِ اللَّافقاريّات هي المفصليّات. وهي حيواناتٌ مُتمفصّلة الأطراف، مُشدّقة الجسم ذاتُ هيكل خارجي (قشرة صلبة خارجيّة). وهذا الهيكلُ مُتمفصلٌ أيضًا بحيث تُشكّل أجزاؤه لِتُسمَح لِلحيوان بِالْحَرَكَةِ. وخلال النُمو يَطرَحُ الحيوانُ هيكله القشريّ هذا، من حينٍ لآخر، لِتَيسَّرَ لِجسده النُمو والتَّمَدُّد. أنواعُ المفصليّات المعروفة لدى عُلَماءِ الأحياء تُقَرَّبُ إلى المليون، مِنّا يجعلُها أضخمَ مجموعةٍ من الأنواع الحيوانيّة على الأرض. تُضمُّ طائفةُ الحشرات قرابة ٩٠ بالمئة من هذه الأنواع، وتُوزَعُ باقي أنواع المفصليّات على طوائف العنكبويّات والقشريّات - (السرطان والكرند) وكثيرات الأرجل (مُزدوجات الأقدام - أليّة الأرجل، وشفويّة الأقدام - مثنويّة الأرجل).

تُعيشُ السرطاناتُ (السلطعونات) العنكبويّةُ الجملانة في قاع البحر. إن قشرة الهيكل فيها مُعرّنة بالكالسيوم مِنّا يجعلُها صلبةً بالغة المتانة.

ليس للمفصليّات هيكلٌ عظميٌّ باطني.



الرّويج الأوّل من الرّجل الحريش (أمّ أربع وأربعين) تُطَوَّرُ إلى ثلاثين ساقًا.



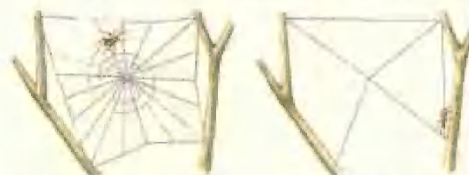
يُتألّف جِسمُ العقبة الأربعة من شُدْبٍ خَلْقِيّة مُشْدِجَة رُويجيّ، فيبدو لها زوجان من الأرجل في كُلِّ شُدْبَةٍ.

## العقارب

بعضُ العنكبويّات يُعَمِّدُ صغارها حتى تستطيع تدبّر أمورها بنفسها. فأنتى العُقرب تلدُ صغارها مُكتملة الشكّل، مُنطليّ العقربيات طهر الآم وتمكّنُ عليه تحميّةً يوجِبُها الدُبر السام. وبعد أن تَلْقَظُ الصغار جلدُها لِلمرّة الأولى تهبطُ من مُخفيها إلى الأرض.

## عزّل الشّع

يُشجّ العنكبوت شُعّه من خِبر غُبيّ بالبروتين. ويتكوّن هذا الحبر داخل غُدّة خاصّة في بطن العنكبوت ثُمَّ يُدْفَقُ سائلًا غيّر قوّهات دقيقة تُدعى السّغار. ويتجمّد الحبر السائل مُلَاقاةً الهواء. وقد يَستغرقُ شجّ شُع دائريّ، كالشّبين هنا، قرابة السّاعة.



يبدأ العنكبوت شُعّه بِمَدِّ خيوط حريريّة بين دعائم ثابتة. ثُمَّ يَسْتَلْقُ الخيوط مُستخدِمًا الخطاطيف والنُظَب على أقدامه. ثُمَّ يَغرُقُ الشّع بِغُليظات رقيقة تُقَيِّضُ الحشرات.

## القشريّات

تُعيشُ مُعظمُ القشريّات في البحر، وهذا يُيسِّرُ لها النُمو إلى أحجام أكبر من مفصليّات اليابسة لأنّ الماء يذوّبها القشويّ، يَدْعُمُ هياكلَ أحيائها الكبيرة. أضخمُ القشريّات هي السرطانات العنكبويّة (ماكروكيرا كيمبيري) التي قد تَبْلُغُ، بِسُوطَةِ الأرجل، ٣,٥ م. بالمُقابل، فإن بعض القشريّات ضئيل الحجم جدًّا؛ فتراعى المياه العذبة، وهي من القشريّات، لا يَزِيدُ حَجْمُ الواحد منها على نُقْطَةِ الكِتابة. هذا وتُعيشُ قِلّةٌ من القشريّات، كحماير القبان على اليابسة وتتنفّسُ الهواء لِكِنّها، عادةً، بحاجة إلى الرطوبة.



العنكبوت الزهقي يقبض فريسته بواسطة وهي يثقب الطرف، بدلاً من الشّع.

## العنكبويّات

العناكب والعقارب والفراذ والفُمل تولّد طائفة من المفصليّات تُدعى العنكبويّات - جميعها تقريبًا تستوطن اليابسة، ومُعظمها صياد. العنكبوت المؤهقي يُفَضُّ فرائسه بِندوسم وهي خريبيّ دقيقي العُقرب في الهواء. فإذا غلبت حشرة مارّة بالدُني يَشُدُّها العنكبُ نحوه وِلَنتُها.



## الحشرات

لقد حققت الحشرات نجاحاً متميزاً في العيش على اليابسة، وعزز ذلك قُدرة الكثير من أنواعها على الطيران. فالحشرة الطائرة تستطيع التحوال في مدى أوسع، وبذلك يتوفر لها موارد أوفر من الغذاء. الزنابير (الدبور) حشرة طائرة نموذجية يُقسّم الجسم فيها إلى رأسٍ وحدرٍ

ويَظن؛ ولها زوجان من الأجنحة وقرنا استشعار.

وهي، كما الخنافس والفراش، كاملة التحول في مراحل النمو.

تربي صغار الزنابير في عُش برعاية

الكبار، لكن صغار معظم الحشرات تقوم بشأن أنفسها. تعيش الحشرات البالغة غالباً في بيئة

تختلف عن بيئتها صغيرة - قبيها يعيش

الشرمان (أبو دق) البالغ في الهواء، فإن

يرقاته عاتية العيش - علماً أن بعض الحشرات مائي العيش دوماً.



في الرأس عيتان مركبتان كبيرتان  
وقرنا استشعار. تُشغّل أجزاء  
القم الطعام وتعلك الخشب  
عجينة لصنع العُش.

يحوي عُش الزنابير بِلَكة واحدة تُشغّل البيوض.  
الزنابير الأخرى، وهي تُشغّلها، شغالات تُجنع  
الطعام وتُفكّي بالبيوض والصغار

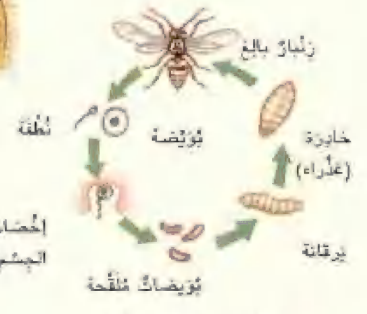
جناخا الزنابير والنحلة  
الخلفيان يتصلان بالجناحين  
الاسامين بخطاطيف دقيقة.



### حشرات عديدة الأجنحة

الشُمبكة (لاحسة السكر) حشرة صغيرة عديمة الأجنحة، يُعرف منها حوالي ٣٠٠ نوع. وهي، كسائر الحشرات عديدة الأجنحة، تُغذي عالياً بالنباتات المُلثة. وتعيش أحياناً داخل المنازل حيث تُغذي بقصاصات الطعام.

هذه الدورة الحياتية  
نموذجية للحشرات  
الكاملة التحول في  
مراحل النمو.



### الخنافس القاذفة (الفاسياء)

طائفة الحشرات تستخدم وسائل مُباينة، وغريبة أحياناً، في صدّ مهاجميها. فالخنافس القاذفة، عند استشعار الخطر، ترمّ بظلتها فتشجّ بعض الكيماويات فيه وتتفاعل مُفجّرة من إلتها بخاراً ساماً متوحشاً تغلب به مهاجمها.



### مبيدات الحشرات

بعض الحشرات نافع ومهم في التلقيح التهميني (الخلفي) للنباتات المثمرة. وبعضها شرّ يأكل التّيب ويُجرح أضراراً بالغة بالمحاصيل. يُعتمد المزارعون إلى دُش حقولهم بالمبيدات الحشرية للتخلص من أضرار الحشرات، لكن الكيماويات السّامة، لسوء الخط، غالباً ما تقتل الحشرات المُفيدة والفأرة معاً.



اجتمع المُرغوفة (قرس النبي) شبيهاً بأوراق النبات

اشواك حادة في قلايش الرّجلين الاماميتين تقبض الفريسة المُختبئة.

### جان هنري فابر

عالم الحشرات الفرنسي فابر (١٨٣٣-١٩١٥) أجرى أبحاثاً مُستفيضة عن حياة الحشرات تُشرها في سلسلة من الكتب. وقد لجحت ملاحظات فابر، ومراهبه الكتابية والتصويرية الفذة في إثارة اهتمام عظيم بطائفة الحشرات.



### الشرعوفة لهاجم قريستها

الشرعوفة (قرس النبي) بطيئة الحركة، لذا تعبد التسلل والتمويه في أصطياد فرائسها. فهي تُخط على التّيب طافية أجنيها ورافعة رجلها الاماميتين (كتم برقع بديه توشلاً)، وتقع مُنتظرة. فإذا عرث حشرة في مدى القربة قبضتها برجلها الاماميتين اللتين تعملان، بأشواكهما الحادة (بين الفخذ والظنوب)، كالمِزْمة - فلا تستطيع الحشرة خلاصاً.

لمزيد من المعلومات انظر
الإبصار ص ٢٠٤
الزهوريات (النباتات الزهرية) ص ٣١٨
الشم ص ٣٤٨
الشم ومراحله ص ٣٦٢
الهياكل الداعمة ص ٣٥٢
الحركة ص ٣٥٦
الشاشل الجنسي ص ٣٦٧
حقائق ومعلومات ص ٤٢٠، ٤٢٢



# الرَّخَوِيَّات

تولَّف الرَّخَوِيَّاتُ الشَّعْبَةُ الْكُبْرَى الثَّانِيَّةُ مِنَ الْأَفْقَارِيَّاتِ. وَتَشْمَلُ أَكْثَرَ مِنْ ٩٠,٠٠٠ نَوْعٍ مُعْظَمُهَا مَائِيٌّ، وَالْقَلِيلُ مِنْهَا يَعِيشُ عَلَى الْيَابَسَةِ وَيَنْتَفِسُ الْهَوَاءَ. الْجِسْمُ فِي الرَّخَوِيَّاتِ طَرِيٌّ غَيْرُ مُشَدَّدٍ تَقْبِهِ غَالِبًا مَحَارَةٌ صُلْبَةٌ. تُقَسَّمُ الرَّخَوِيَّاتُ إِلَى ثَلَاثِ طَوَائِفٍ أَوَّلَاهَا: بَطْنِيَّاتُ الْأَقْدَامِ، وَتَشْمَلُ الْبَطْلِيُونَسَاتِ وَالْفَوَاقِعَ وَالْحَلَزُونَاتِ الْبَحْرِيَّةَ (الْوَلَكَاتِ)، وَهِيَ ذَاتُ مَحَارَةٍ لَوْلِيَّةٍ أَوْ هَرَمِيَّةِ الشَّكْلِ؛ وَيَنْتَسِي الْبَرَّاقُ إِلَى بَطْنِيَّاتِ الْأَقْدَامِ لِكِنَّهُ غَالِبًا عَارٍ مِنَ الْمَحَارِ. ذَوَاتُ الْمِضْرَاعَيْنِ كَالصَّدْفِيَّاتِ وَبَلَحُ الْبَحْرِ، هِيَ ثَانِيَةُ الطَّوَائِفِ، وَهِيَ رَخَوِيَّاتٌ مُزْدَوِجَةُ الصَّدْفَةِ يَتَّصِلُ مِضْرَاعَاهَا بِمُقْصَلَةٍ. وَالطَّائِفَةُ الثَّلَاثَةُ هِيَ رَأْسِيَّاتُ الْأَقْدَامِ، وَتَشْمَلُ الْأَحْطَرُوطَاتِ وَالسَّيْدَجَاتِ (الْحَبَّارَاتِ الْكُبْرَى)، وَهِيَ ذَاتُ صَدْفَةٍ صَغِيرَةٍ مَخْفِيَّةٍ دَاخِلَ الْجِسْمِ.

## تَرَاوُجُ الْبَرَّاقِ

يَتَرَاوَجُ هَذَانِ الْبَرَّاقَانِ مُتَعَلِّقَيْنِ مِنْ خَيْطٍ مُخَابِطٍ لِرَجٍّ. كِلَا الْبَرَّاقَيْنِ لِحُسْنُ (مُزْدَوِجِ الْجَنْسِ)، فَيَعْبُدُ التَّرَاوُجُ ثَلَاثَ جَسْمَانِمَا وَيَبْدَأَانِ التَّلَاقَ غَيْرَ أَعْضَاءٍ تَنَاسُلِيَّةٍ خَاصَّةٍ، ثُمَّ يَقْضِي كُلُّ بَرَّاقٍ يَبُوءَهُ لَاحِقًا. وَالْمِيزَةُ الْخُتُوِيَّةُ لَيْسَتْ غَرِيبَةً فِي عَالَمِ الرَّخَوِيَّاتِ؛ فَبَعْضُ مِنْهَا يَبْدَأُ حَيَاتَهُ ذَكَرًا أَوْ أُنْثَى ثُمَّ يَتَحَوَّلُ إِلَى الْجَنْسِ الْآخَرِ تَالِيًا.

الْبَرَّاقُ الْكَبِيرُ (لَيْسَاكْسُ مَأكْسِيْمُوس)



الْإِحْصَافُ دَاخِلِيٌّ فِي قَوَاقِعِ الْيَابَسَةِ، فَالْطَّغَارُ تَنْتَشِأُ دَاخِلَ الْبَيْضَةِ ثُمَّ تَنْفَعُ قُوَيَّعَاتٍ صَغِيرَةٍ.

مَنْعَبٌ (مِنْصَفٌ)



## بَطْنِيَّاتُ الْأَقْدَامِ

الْوَلَكُ الشَّامِعُ (بَكْسِيُونُومُ أَنْدَانُومُ) رَخَوِيٌّ تَمُودَجِيٌّ مِنْ بَطْنِيَّاتِ الْأَقْدَامِ؛ لَهُ قَدَمٌ عَصَلِيَّةٌ كَبِيرَةٌ وَمَحَارَةٌ مُثَلَّثَةٌ نَبَاتًا (بَاتْجَاءَ عَفَارِيبِ الشَّاعَةِ) - عَلَمًا أَنَّ قِلَّةً فَقَطْ مِنْ مَحَارِ بَطْنِيَّاتِ الْأَقْدَامِ تَلْتَفُّ بِالْأَتْجَاءِ الْمُعَاكِسِ. الْمَحَارَةُ تَقْرُؤُهَا طَبَقَةٌ خَاصَّةٌ مِنَ الْجِسْمِ تُدْعَى الذَّنَارُ. يَعِيشُ الْوَلَكُ نَحْتَ الْمَاءِ وَيَنْتَفِسُ بِالْخِيَاسِمِ، يَسِمَا الْمَنْعَبُ فَوْقَ الرَأْسِ يُجْرِي الْمَاءَ إِلَى الْحَجَرَةِ الَّتِي تُحْتَوِيهَا.



## الْمَخْرُوطِيَّاتُ الْمُفْتَرَسَةُ

الْمَحَارُ السَّخْرُوطِيَّةُ، مِنْ بَطْنِيَّاتِ الْأَقْدَامِ، تُهَاجِمُ فَرَانِسَهَا بِسُوءِ قَاتِلٍ، فَلِذَا مَا اقْتَرَبَ حَيَوَانٌ مِثْلُ مَذَى الشُّرْبَةِ، يَنْتَفِئُ الْمَخْرُوطِيٌّ حُرُوفَةً كَالْعَرَبَةِ بِسُرْعَةٍ حَادَّةٍ فَرِسَةً بِسُوءٍ شَالٍ. إِنَّ سُمَّ بَعْضِ الْمَخْرُوطِيَّاتِ قَتَالٌ حَتَّى لِلْبَشَرِ!

بَلَحُ الْبَحْرِ الشَّامِعِ (مَيْتِلُوسُ إِيْدُولُوسِ)



الْأَحْطَرُوطُ الشَّامِعُ (أَكْتُونِيسُ فُلْجَارِس)

## رَخَوِيٌّ ذَكِّيٌّ

الْأَحْطَرُوطَاتُ ذَاتُ بَصَرٍ حَادٍّ وَأَفْهَمَةٍ كَبِيرَةٍ؛ وَلَعَلَّهَا الْأَذْقَى بَيْنَ الْفَقَارِيَّاتِ. فَهِيَ تَذَكُّرُ الْأَشْكَالَ وَالْأَلْوَانَ وَتَجِدُ السَّبِيلَ إِلَى طَعَامِهَا بِسُرْعَةٍ. وَهِيَ، كَالْحَبَّارَاتِ، تَسْتَطِيعُ التَّحَرُّكَ بِسُرْعَةٍ بَلَّغٍ نَافُورَةً مَائِيَّةً إِلَى الْخَلْفِ غَيْرَ غَضْبٍ قِيَمِيٍّ.

## رَأْسِيَّاتُ الْأَقْدَامِ

السَّيْدَجَاتُ (أَوْ الْحَبَّارَاتُ) الْعِمْلَاقَةُ هِيَ الْأَكْبَرُ بَيْنَ رَأْسِيَّاتِ الْأَقْدَامِ. وَالْأَكْبَرُ أَيْضًا بَيْنَ الْأَفْقَارِيَّاتِ. تَعِيشُ الْحَبَّارَاتُ فِي أَعْمَاقِ الْبَحَارِ حَيْثُ تَصْطَادُ فَرَانِسَهَا بِمِخْرَاجَاتٍ تُغْلِقُهَا الْمَمْعَنَاتُ. وَمِثَالُكَ قِيَصُصُ وَرَوَايَاتُ عِدِيدَةٍ غَيْرِ مُؤَلَّفَةٍ عَنْ سَيْدَجَاتٍ هُولِيَّةٍ؛ لَكِنْ يُعْرَفُ أَنَّ الْعِمْلَاقَ مِنْهَا قَدْ يَتَجَاوَزُ طَوْلَهُ ١٥ م.

## ذَوَاتُ الْمِضْرَاعَيْنِ

تَقْضِي بَلَحُ الْبَحْرِ مُعْظَمَ حَيَاتِهَا مُثَبَّةً فِي الصُّخُورِ بِخُيُوطٍ لَيْقِيَّةٍ مُثَبَّةٍ. وَهِيَ، كَمُعْظَمِ ذَوَاتِ الْمِضْرَاعَيْنِ، تَضْحَكُ الْمَاءَ غَيْرَ خِيَاسِمِهَا، وَتَعْتَذِرُ بِالْجُسِيَمَاتِ الْغَذَائِيَّةِ الصَّغِيرَةِ الَّتِي تُجْتَنِبُ مِنَ الْمَاءِ الْعَابِرِ. يَعْضُ ذَوَاتُ الْمِضْرَاعَيْنِ خَفَازًا وَمُتَنَقِّلًا - بَلْ إِنَّ الْقَلِيلَ مِنْهَا، كَالْإِسْقَلُوبِ (الْمَحَارِ الْمَرُوحِيَّةِ)، سَاحٍ.

## لِمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- الْهَيْكَلُ الدَّاعِي ص ٣٥٢
- الْخَرَكَةُ ص ٣٥٦
- الدَّمْعُ ص ٣٦١
- النَّمُورُ وَمَرَايِلُهُ ص ٣٦٢
- التَّنَاسُلُ الْجَسَنِيُّ ص ٣٦٧
- خَفَافٌ وَمَعْلُومَاتٌ ص ٤٢٠



# نجم البحر والزقيات

يُؤَلَّفُ نَجْمُ الْبَحْرِ وَقُرْبَاهُ مِنْ قَنَافِدِ الْبَحْرِ وَخِيارِ الْبَحْرِ شُعْبَةً مِنَ الَّلَافَقَارِيَّاتِ، تُدْعَى شوكِيَّاتُ الْجِلْدِ (الشُّوكِجَلْدِيَّاتِ)، تَتَمَيَّزُ بِأَجْسَامِ خُمَاسِيَّةِ الْبِنْيَةِ. فَنَجْمُ الْبَحْرِ مِثْلًا، لَهُ فِي الْغَالِبِ خَمْسُ أَذْرُعٍ، وَخَمْسُ مَجْمُوعَاتٍ مِنَ الْأَعْضَاءِ التَّنَاسُلِيَّةِ، وَجِهَازٌ هَضْمِيٌّ خُمَاسِيٌّ التَّنَوُّعِ. وَشوكِيَّاتُ الْجِلْدِ جَمِيعُهَا ذَاتُ هَيْكَلٍ دَرَقِيٍّ صَفَانَحِيٍّ كِلْسِيٍّ. أَمَّا الشَّجَاجَاتُ الْبَحْرِيَّةُ فَتُؤَلَّفُ شُعْبَةً مُنْفَصِلَةً تُدْعَى الزَّقِيَّاتِ تَتَمَيَّزُ بِأَجْسَامٍ طَرِيَّةٍ كَيْسِيَّةِ الشَّكْلِ، وَبِرَقَانَاتٍ شُرْعُوفِيَّةٍ.



**الأقدام الأنبوبية**  
في الجانب السفلي من ذراع نجم البحر صفان من الأقدام الأنبوبية المغطاة بالماء، تربطها شبكة من الأوتار الداخلية. القدم الأنبوبية تنهي بيمص، ويمكن تحريكها مستقلّة عن سواها. وتستخدم هذه الأقدام للحركة وقبض الفرائس.

الذراع

إذا فقد نجم البحر ذراعًا يستطيع إنشاء أخرى مكانها.



دورة حياة حيوان شوكي نموذجي



## شوكيات الجلد

نجم البحر، كسائر الشوكيات، ذو هيكَل صَفَانَحِيٍّ كِلْسِيٍّ تَكْشُوهُ طَبَقَةٌ عُلَوِيَّةٌ رَقِيقة. وتُغَطِّي الصَفَانَحُ تَوَاتُتَ صَغِيرَةً وَأَسْوَكَ - إضافةً إلى كُتَلٍ صَغِيرَةٍ تَمْنَعُ صَعَارَ الْحَيَوَانَاتِ مِنَ الْاِسْتِقْرَارِ عَلَيْهَا. وَالصَفَانَحُ مُنْفَصِلَةٌ تَسْمَحُ لِلْحَيَوَانِ بِالنَّشْطِ. الْفَمُّ فِي نَجْمِ الْبَحْرِ يَتَوَسَّطُ الْأَذْرُعَ فِي جَانِبِ جَنْبِهِ السُّفْلِيِّ، وَهُوَ عِنْدَمَا يَقْتَضِي، يَدْفَعُ بِمَعْدَنَةِ خَارِجًا عَنِ الْفَمِ قَابِلًا إِذَاهَا ظَهَرَ لَيُظَن.

نجم البحر القفص

نجم البحر ذو الإكليل الشوكي

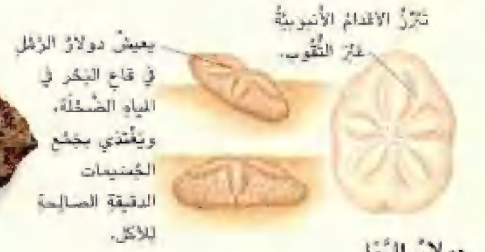
نجم البحر الزيثي



درقة (هيكَل)

## قنَافِدُ الْبَحْرِ

تبدو قنَافِدُ الْبَحْرِ مُخْتَلِفَةً جَدًّا، فِي شَكْلِهَا، عَنْ نَجُومِ الْبَحْرِ، لَكِنَّ بِنْيَتَ الْجَسْمِ تَحْتَ الْأَشْوَكَ خُمَاسِيَّةٌ مُتَمَازِلَةٌ الْأَحْزَاءِ. دَرَقَةُ قَنَافِدِ الْبَحْرِ مُسْتَبْرَءَةٌ، وَالْفَمُّ فِي الْجَانِبِ السُّفْلِيِّ مِنْهَا. يَقْتَضِي الْحَيَوَانُ بِالرَّحْفِ فَوْقَ الصُّخُورِ كَأَيْطَ مَا عَلَيْهَا مِنْ شَائِبَاتٍ وَحَيَوَانَاتٍ صَغِيرَةٍ بِأَسْنَانِهِ الْخَمْسِ.



## دولار الرمل

دولار الرمل قنَافِدُ بَحْرِيٌّ قَصِيرُ الْأَشْوَكَ مُغْلَطُحٌ الدَّرَقَةُ جَدًّا، بِحَيْثُ يَبْدُو كَقُرْصٍ مِنَ الْبِسْكَوِيَّةِ أَوْ كَقِطْعَةٍ تَقْدِيٍّ مَعْدَنِيٍّ كَبِيرَةٍ. وَعِنْدَمَا تَنْزِي الْأَشْوَكَ بِالْحَثِّ يَحْدُ مَوْتَهُ، يُسَكِّتُكَ مُشَاهَدَةُ نَمِطٍ مُعَقَّدٍ مِنَ الثَّقُوبِ حَيْثُ كَانَتْ تَبْرُزُ الْأَقْدَامُ الْاَنْبُوبِيَّةُ سَالِفًا.

## أشكال نجوم البحر

فُتَالِكُ حَوَالِي ٢٠٠٠ نَوْعٍ مِنْ نَجُومِ الْبَحْرِ الْعَادِيَّةِ، تَعِيشُ فِي مِيَاهِ الْبَحْرِ كَسَائِرِ شوكِيَّاتِ الْجِلْدِ، وَالْمَاطِيَّةِ مِنْهَا، كَمَا تَرَبُّلَةُ الْمِيَاهِ الشَّحْلَةِ، تَعْتَلِي بِحَيَوَانَاتٍ حَيَّةٍ عَالِيًا. وَيُسْتَعْمَلُ نَجْمُ الْبَحْرِ أَقْدَامُهُ الْاَنْبُوبِيَّةُ لِيَنْتَحِ عَثْوَةً أَصْدَاتُ الرُّحُوبَاتِ ذَوَاتِ الْبُضْرَاعَيْنِ، ثُمَّ يَقْتَضِي بِدَفْعٍ مَعْدَنَةٍ فِيمَا بَيْنَ الْبُضْرَاعَيْنِ. أَمَّا نَجُومُ الْبَحْرِ الْقَصِيفَةُ وَالرَّيْشِيَّةُ فَتَعِيشُ فِي مِيَاهِ الْأَعْمَاقِ، وَتُسْتَعْمَلُ أَقْدَامُهَا الْاَنْبُوبِيَّةُ الطَّرِيْقَةُ فِي تَجَمُّعِ جَنْسِيَّاتِ الْجَدَاءِ الدَّقِيقَةِ، ثُمَّ تَدْفَعُ بِهَا إِلَى الْفَمِ فِي وَسْطِهَا.



لمزيد من المعلومات انظر
النجم وسماءه ص ٣٦٢
التناسل الجنسي ص ٣٦٧
الشواطي ص ٣٨٥
المحيطات ص ٣٨٦
حقائق ومعلومات ص ٤٢٠



# الأسماك

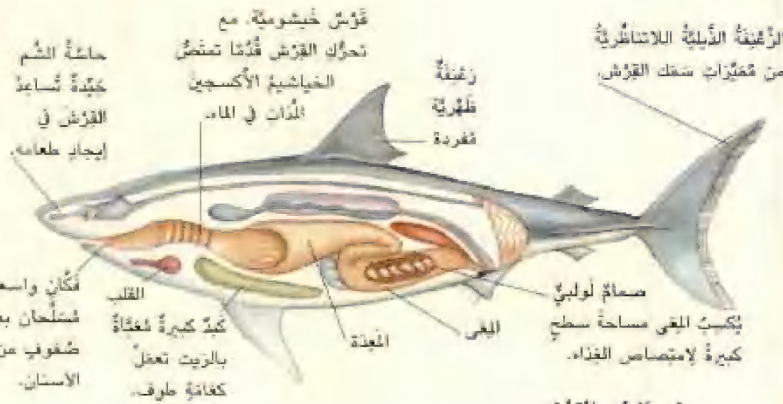
منذ ما يزيد على ٤٠٠ مليون سنة كانت تَسْبَحُ في بحار العالم حيواناتٌ مُدْرَعَةٌ غريبةٌ تُدعى مَحَارِيَاتُ الجِلْد. لم يَكُنْ لها فَكَّانٌ ولا زعانفٌ، لكنْ كان لها عمودٌ فقاري جعلها أولى الفقاريات على الأرض. حاليًا تعيش الأسماك، وهي السلالة المائيّة ل تلك الحيوانات، في شتى بحار العالم وبحيراته وأنهاره. الأسماك خارجيّة الحرارة (باردة الدم) - تتغيّر درجة حرارتها تبعًا لمحيطها، ويقل نشاطها بانخفاض درجة حرارة البيئة. هنالك أكثر من ٢١٠٠٠ نوع من الأسماك، وهي في مُعظمها ذات فكين، مَشِيْقَةُ الجِسْمِ ومُعْطَاةٌ بالحراشيف غالبًا. والأسماك تنفّس الأكسجين المُذاب في الماء بواسطة الخياشيم.

## أسنان القرش

أسنان القرش هي نسخة من الحراشيف أكثر وأخذ من تلك التي تُغطي جسمه. تنمو أسنان القرش باستمرار، وكأنها على خط إنتاج، بدءًا من مؤخرة الفك - مُتَبَقِّلَةً فُذْمًا وتُدريجًا حتى تُصبح في مُقدِّمة الفم. وإذا سقطت إحداها سرعان ما تحلّ الشئ الحلقية محلها.

## الأسماك الغضروفية

هاكُلُ القرش والسفنين والسكن (المياه) غضروفية لا عظمية. وهنالك حوالي ٧٠٠ نوع من الأسماك الغضروفية تستوطن المياه المالحة، وكلها تقريبًا من الضواري. وهذه الأسماك مَشِيْقَةُ الجِسْمِ رَوحِيَّةُ الزعانف، تُغطي جلدها حراشيف شبيهة الشكل تُكسيها مُلَمَسًا خشنًا.

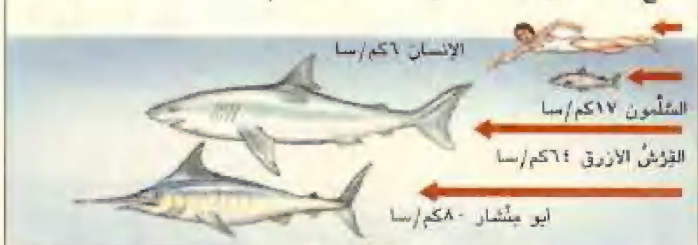


## في باطن القرش

يتألف جسم القرش في مُعظمه من عضلات يُستخدَمها في السباحة، وهي مُرتبة في كتل شديدة كما في سائر الفقاريات. ويُلَفُّ حُرَّة من مِعى القرش لولبيّ فيكبب البقي مساحة سطح كبيرة لامتصاص الغذاء. كما تُساعد الكبد الكبيرة على بقاء القرش طافيًا.

## سرعات الأسماك

على العموم تزداد سرعة السمكة بزيادة أنسبانيّة جسمها. ومُعظم الأسماك أسرع مباحة من الإنسان الذي مُعدّل سرعته ٦ كم/سا، للمسافات القصيرة.



## كلب البحر

كلب البحر قرش صغير يستوطن المياه الضحلة. عند التزاوج يُخصب الذكر بويض الأنثى داخل جسمها. ثم تُضع الأنثى بيوضها في غلافات جلدية تُغلّق حول الأعتاب البحرية. والمعروف أنّ كلاب البحر لا تحرّس بيوضها.



## الأسماك العديمة الفكّين

فئة من الأسماك، كالجلّكي والجريت، تحوي بعض سمات الأسماك البدائية. فهي عديمة الفكّين والزعانف الزوجية، وفُتَحَات خياشيمها مُوَات لا شقوق. هنالك قرابة ٧٠ نوعًا فقط من هذه الأسماك. تعيش الجلّكي البالغة طفيليًا على الأسماك الأخرى، فيما تُستضي في صغار الجلّكي الجسيمات الغذائية من الماء.

لم الجلّكي البالغة ذو خطاطيف (كلاليب) مُرتبة خلفًا تُكسّنها من التعلق بالأسماك الأخرى وأُمتصاص ذوبها.





## الأسماك العظمية

السلمون المُرْتَب (الثروة) وجميع الأسماك الميّنة في هذه الصفحة، تنتمي إلى فئة الأسماك العظمية - تجرى فئات الأسماك الثلاث. هذه الأسماك لها هيكل عظمي، وجراب خاص مليء بالغاز، يُدعى المثانة الهوائية، يعمل كغامة داخلية. وتُغطّي أجسامها عادةً حراشيف ذوّبيرة مُسطّحة رقيقة، والخياشيم مُندسة خلف بيذلة تُسمى الرِصَاد. وخلال الـ ٢٥٠ مليون سنة الأخيرة، تنشأت هُروبٌ مذهلة من الأسماك العظمية المُختلفة الأشكال والألوان والحجوم.



### الأسماك الطيّارة

السّمكة الطيّارة تُلقّت من أعضائها بالإطلاق في الهواء مُندفعةً غير مُستطع النّشر لتستطيع طائفة في الهواء قرابة ١٠٠م قبل أن تغوص ثانية في الماء. إن "جنّاخ" السّمكة الطيّارة هما زعنفتان مُضخمتان. لأنواع السّمك الطيّار زوج واحد من الزعنافت أو زوجان، كهنه السّمكة أعلاه.

قوة حياة سّمكة عظمية نموذجية  
الأسماك العُظروفية داخلية الإخصاب في عظمها، فهي تضع البيض مُلقّحا أو تلك صغارها أحياء، الرّغيفة الثّوروية تُكسب السّمكة استقرارا وثباتا، الرّعايف مُدعمة بشعير جاسنة، وهي تتحرك مُستقلّة لتغيير اتجاه السّمكة.

حراشيف مُترابكة رقيقة تُقلّل الاحتكاك بين السّمكة والماء.

الرأس مُغطّى بصفائح عظمية



يُنتفخ فم الثّوروة فجأةً وسريعا لإستقاط الحيوانات الصغيرة.

يُغطّي الخياشيم وصائد مُساعد حركته، مُلقّا وغلقه في ضغ الماء فوقها.

زعنفتان ضديتان لإتوجيه الحركة.



### الأسماك الشبيهة

الكُطُر الأعظم المُحمق يُعظم الأسماك مُصدرة الأسماك المُفترسة الأخرى. السّمكة الشبيهة (ذايودون هينريكنس) تنتمي لهذا الكُطُر بابتلاع جُرْع كبيرة من الماء حتى تنتفخ كالبالون فتتصبّ أشواكها. وبالرغم من أنها تكاد لا تستطيع السباحة مُنفردة، فإنها بأشواكها المُتصّبة في مائتي من أيّ هجوم.

الأسماك العظمية طويلة الأصابع بلا صمامات توليية، المثانة الهوائية مُغلقة بإطويرة مُتعددة بحيث لا تغلق السّمكة في الماء ولا تغوص. الخواصل خاصة في الخط الجانبي (أشوب تحت الجلد، في جانبي الجسم، يملؤه مائع) تكشف حركة الطيّارات أو الحيوانات الأخرى في الماء.

### أسماك الأعماق

في أغوار البحر السحيقة لا يوجد ضوء ولا نباتات فعمل الكائنات في تلك الأعماق إما أن تُتغذى بالفضلات، الهابطة من الطبقات العليا، أو بالحيوانات الأخرى. والأسماك الخفاشية هي من بين أغرب الأسماك في قاع البحر، وهي تُفتات باللافقاريات والأسماك الصغيرة، وتجوّل مُتفائلة باستخدام زعانفها.



سّمكة خفاشية حمراء (هاليوتيا سيلاتا)

### فُرس البحر

الكثير من الأسماك العظمية تُضع أعدادا لا خطر لها من البيض، ولا تهتم برعاية صغارها لاحقًا، بخلاف فُرس البحر، فأنتي فُرس البحر تُضع عددا قليلا من البيض في جراب خاص على بطن الذكر الذي يحضن البيض حتى يفقس، ثم يقوم على رعاية الصغار. وهكذا، فإنهم من أن أفراس البحر تُضع بيوضا أقل، إلا أن كُلا منها تُخطئ بفرصة أوفر لبقاء.

لإلتقاط رُوح من الزعانف فُرس البحر واثبت الصدرية، ولا زعانف خوضية. (هييكامبوس هوابتي)



### الأنقليس (ثعبان السّمك)

الأنقليس يشبه الثعابين في شكله العام، لكن زعنفته وخياشيمه تُبين أنه من الأسماك. أنقليس الموارى الأخضر (چمفونوراكس برازينوس) نموذجي لخصيسته، يُختم في المخاض الصخري وبهاجم الحيوانات العابرة بأَسنان الحادة. تبدأ دورة حياة الأنقليس كزُعانة دقيقة مُختلفة الشكل نمتا عن الأنقليس البالغ، وتستغرق البرقانة عدة سنوات لِتُشو إلى طور البلوغ.



### لمزيد من المعلومات انظر

- التنفس ص ٣٤٧
- الدورة الدموية ص ٣٤٩
- البيئة الباطنية (في الأحياء) ص ٣٥٠
- الجلد ص ٣٥٤
- الحركة ص ٣٥٦
- الحواس ص ٣٥٨
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٠، ٤٢٢



## البرمائيات

تحتل البرمائيات (أو القواذب) موقعًا خاصًا في تطوّر الحياة على الأرض. فأسلافها كانت أولى الفقاريات التي خرجت من الماء لتتقضي جزءًا من حياتها على البر. ولا يزال معظم الأربعة آلاف نوع من البرمائيات الحالية يقسم حياته بين الماء والبر - لكن بطرق مختلفة. وتقضي قسلة من البرمائيات كل حياتها تقريبًا في الماء كالسمندر المكسيكي الذي يحتفظ بخياشيمه وطوره البرقاني المسمى أجرولول. لكن البرمائيات في معظمها تقضي حياتها البالغة على البر، وتعود إلى الماء فقط للتزاوج. طائفة البرمائيات عديمة الحراشيف عادة، لكن جلدها على العموم رطب فضفاض. وهي خارجية الحرارة (باردة الدم)، وتقسّم إلى ثلاث رتب: البتراوات (اللاذليّة) كالضفادع والعلاجيم، والذواقل (الضفدعيّات الذليّة) كالسمادر والسمادل، والقطعاوات عديمة الأرجل.



الضفادع الطيارة

الضفدع الطيارة (راكوفورس سودا: الأثف)، في جنوبي شرق آسيا تغطد الحيوانات الصغيرة على الشجر. وهي، لا تنقل من شجرة إلى أخرى، تقلد بنفسها في الهواء. ناصرة أقدامها المكثفة كبطاقات صغيرة تحملها بالقدر اللازم لسلط اتجاه انسابها.

العينان والفتحة يطلان فوق الماء ينقما الجسم غصون



الجلد الرقيق الرطب يتشمل الأكسجين

الرؤوس الخلفيتان طوئلتان شهابتان للفتحة والسباحة.

الرؤوس الخلفيتان خماسية الأصابع

لفم واسع عديم الأسنان

الرؤوس الأماميتان رباعية الأصابع

### اللاذليّات (البتراوات)

البتراوات برمائيات لاذليّة قصيرة الأجسام قويّة الأرجل. ذكر الضفدع هذا (بيكسييفالوس أدسبرسوس)، من جنوبي إفريقيا، مفترس قويّ يتغذى بالحيوانات الصغيرة والزواحف، كما بالضفادع الصغيرة. وهو، كسائر الضفادع، رقيق الجلد يتطدّب الترطيب المستمر. أمّا العلاجيم فجلدها عادة أجفّ تكسوه القليل. على البر، تتحرك الضفادع قفزًا، بينما العلاجيم تشي غالبًا وكلاهما ذو رتبتيّ داخليّتين بسيطتين.

تغذّر الشّم من شحوب على جلم الضفدع.



### ضفادع السمّ الثّبيلي

ضفدع السمّ الثّبيلي الإلهاميّ الحجم (هيلوبيس تريليس) ينمو طرّف غابات أمريكا الوسطى والجنوبيّة، وهو الأخطر بين جميع البرمائيات. وتندّر ألوانه الزاهية الحيوانات الأخرى بأنّ جلده يبتلع سمًا قاتلًا. وتستخدم هذه الغابات ذلك السمّ لصنع الثّبال المسمومة الرؤوس لإصطياد الحيوانات.



### العناية بالبيض

معظم الضفادع والعلاجيم تضع مئات أو آلاف البيض وتتركها. وهناك أنواع منها تضع بيوضًا أقل، لكنها ترعاها بعناية أكثر. فذكر الملجوم القابلة (اليس أنستريكاس) يلقح بيوض الأنثى حول رجليه. وعندما توشك الشرابيع على التفرخ يحملها إلى الماء.



### ضفادع خازنة للماء

بعض الضفادع والعلاجيم تتجاوز موسم الجفاف بحفر جحور تحت الأرض تغلف نفسها فيها بعشاه مبيك للماء. فالضفدع الأسترالي الخازن للماء (النوع سكلورانا) يقضي حياته البالغة في مغطتها تحت الأرض. وحالما يسقط المطر، يخرج الضفدع عشاه ويحفر طريقه سعيًا إلى السطح.



### أولى البرمائيات

أقدم الأحافير البرمائية المكثفة تعود إلى كائن يُدعى إكتيوسيجا، عاش منذ حوالي ٣٧٥ مليون سنة. كان طولُه حوالي المتر، وجسمه مثيرًا إنبائيًا سمكي الشكل، وكان ذا أرجل قويّة تحمله على اليابسة.

اضلاع قوية احتمك ورن الأعضاء الداخليّة.





## الدَّوَّائِل (الضَّفَدَعِيَّات الذِّلِيَّة)

هذه البرمائيات أطول أجساماً من البشراوات وأصغر أرجلاً، بعضها ذو أذيال مُفلطحة يُستخدمها في السباحة. السَّمْنَدُرُ النَّارِي (سَلَمَنْدَرَا سَلَمَنْدَرَا) ذو ألوان زاهية، كما ضَفْدَعُ السَّمِّ النَّكَلِي، للتحذير من أن جلده سام. تتواجد السَّمْدَاوِل والسَّمْدَاوِل بِصُورَةٍ رَئِيسِيَّةٍ في نصف الكرة الشمالي، وتُستوطن المياه، أو الأماكن الرطبة كأرضية الجراج. تتزاوج سَمْدَاوِلُ النَّارِ على البر، وتتلو البيوض وتنفس داخل جسم الأم.



بجلاف الضفادع والعلاجيم،

السَّمْدَاوِلُ والسَّمْدَاوِلُ لَا تَقْبِضُ أَتْيَالَهَا فِي مَرَاكِزِ النَّفْثِ.

السَّمْدَاوِلُ صَغِيرَةٌ الْبَاجِسُ، وَأَقْدَاسُهَا غَيْرُ مُكْفَلَةٍ.



الأنثى

الذكر

يَلْتَمِسُ عَمْدَلُ الْأَلَمِ إِلَى وَثْقَةِ الدَّوَّائِلِ.



الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى

الذكر

الأنثى



# الزّواحف

تضم طائفة الزّواحف حاليًا قرابة ٦٥٠٠ نوع؛ وهي فاقت هذا العدد بكثير في سالف الأزمان. فعلى مدى ٢٠٠ مليون سنة، سادت زواحف ما قبل التاريخ الحياة على الأرض، وشملت الدينصورات أكبر العاشيات والضّواري التي استوطنت اليابسة على مدى العصور. كانت الزواحف أولى الفقاريات التي تكثفت للعيش على البرّ بنجاح - فلم تعد مضطّرة للعيش في بيئة رطبة، بفضل جلدها الحرشفي الجافّ المقاوم لفرط فقد الماء من الجسم، وبفضل القيوض الجلديّة المتينة التي تلتفّ بيوضها على اليابسة فتقيها من الجفاف. ولما كانت الزواحف خارجيّة الإحراق (باردة الدّم)، فهي تعيش غالبًا في المناطق الدافئة من العالم حيث تدفئ الشمس أجسامها فتتنشط.

الأصلّة (الثور)، كسانتر

الزّواحف، خارجيّة الحرارة،

تتبع في الشمس أثناء البرد،

وتتسحب إلى الظلّ حين

يشدّ الحرّ كثيرًا.



## الأصلّة العاصرة

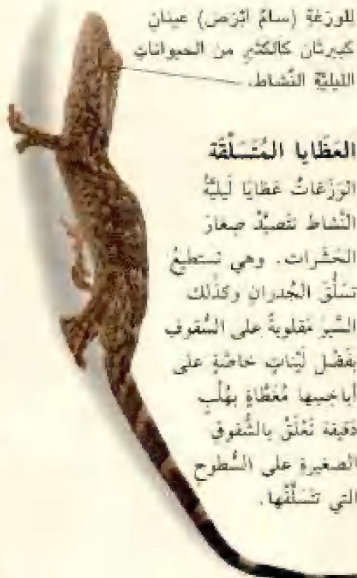
الأصلّة العاصرة (كُشُر كُشُر كُشُر) تفعل فرسها بالخفيّ خفيًا. فتلف الأنثى جسمها حول الضحية وتمنّحها من التّمسك. ومنى إلمانت إلى موتها تتلفها بالرّاسي أوّلًا. الأضلاع بيضاء ولوّود - أي إن الأنثى تحتفظ بيضها (مُحاطًا بقشره) داخل جسمها حتى تفقس فتولّد.

## العظايا الجملاية

تتبع كومودو (فارتوس كومودوس) هو أضخم عظايا العالم. فقد يبلغ طول البالغ منه من الرّاسي إلى الذّنب، ٣ أمتار، ويوزن أكثر من ٧٠ كغ. تستوطن العظايا الجملاية هذه جزرًا في إندونيسيا وتتغذى بحيوانات قد تبلغ حجم الأيائل.



للورعة (سلم الزّصر) عينان كبيرتان كالنّخيل من الحيوانات الليلية النّشاط.



## العظايا المتسلّقة

الزّواحف عظامًا ليّنة النّشاط تصدّج صغار الحشرات. وهي تستطيع تسلّق الجدران وكذلك الشّجر متعلّقة على الشّقوق بفضل لسانها خاشنة على أياجيبها مغطاة بلهب دقيقة تتعلّق بالشّقوق الصغيرة على الشّطوح التي تسلّقها.



تتغذى الإغوانا النّقرية بالطحالب النّامية على الصّخور المغمورة.

## العظايا الغوّاصة

الإغوانا البحريّة (أمبيرنجس كريستاتس) تسوطن جزر غلاباغوس، شرقيّ المحيط الهادي، وهي الوحيدة، بين العظايا التي تتغذى في البحر. وهي عندما تغوص في الماء يتباطأ خفقان قلبها، فيساعد ذلك في توفير استهلاك الأكسجين، ويحوّل دون تبريد كمّيّة كبيرة من دم الإغوانا بالماء الباردة الخارجيّة.

تأيا الضلّ النّاصرة (الكوترا) شخّوفاً ومُؤسّعين في مقدّمة الفم. وهي تستطيع فقدّ الشم في الهواء بدقّة تحوّلها جهاجها. الأريضة والمفاصل الرّنة تشتمع ليقبض الفك السفليّ بالتتابع أثناء ابتلاع الفرائس. إذا ما هُدّدت، تنفّث الكوترا ضلّيعاً حول راسها وغنّوها. الحيات لها أحياناً أكثر من ٤٠٠ زوج من الأضلاع، لكنّها ذات رية عاملة واحدة عادةً. تترادف كلّتا الأضلاع الواحدة خلف الأخرى، تلاؤفاً مع ضيق الجسم.



خراشيف صغيرة شراكمة

## الحرشفيّات

تقسم الزّواحف الحاليّة إلى ثلاث رُتب رئيسيّة - أكبرها بكثير الحرشفيّات (الحيات والعظايا). ومع أنّ الحيات تبدو مختلفة الشّكل جدًّا عن العظايا، فالأرجح أنّها نشأت من أسلاف عظاميّة الشّكل بفقد أرجلها تدريجيًّا. الضلّ الهنديّ (ناجا ناجا) أفعى نموذجيّة من أماميّة الثّابين، تقتل ضحيّتها بخنق السّم ثمّ تتلفها كاملاً. وتضع الضلّ الأنثى حوالي ٢٠ بيضة جلديّة القشرة وتحرّسها حتى تفقس.

## الأنسلاخ

تطرّح العظايا والحيات من وقتٍ لآخر طبقة الجلد الخارجيّة لستطيع التّموّ. وتستغرق عملية الأنسلاخ هذه في الغالب عدّة أيام، حيث يبدأ الجلد بالانفلاق حول الرّاسي أوّلًا، ثمّ يأخذ بالتّشقّر على امتداد باقي الجسم. والحيات تطرح جلدها قطعة واحدة في الغالب.

العظايا البطيئة الغمياء (انجويس فراجيليس) تطرح جلدها قطعاً كبيرة.





## الكائنات الحية

رُغم أن التمساح النهري ضار زهيد، فهو والد خنوق يُغتني بصغارهم.

يشجع التمساح ضالماً أرجله قُزب جشيه، وشوْجاً ذيله المُقلِّع.

### التمساح

التمساح على أنواعها تنتمي إلى رتبة التمساحيات، وهي شبيهة بالخطايا العملاقة، لكن ترتيب العظام في جماجمها يُظهر أنها أقرب إلى الثدييات منها إلى أي زاحف حي. هنالك حوالي ٢١ نوعاً من التمساح، كلها تعيش جزئياً في الماء. أما النوع الأكبر، وهو تمساح المصببات النهرية البحري (كروكوديلوس بوروسس)، فقد يبلغ طوله ٦ أمتار أو أكثر - مما يجعله أضخم الزواحف في العالم.

مضرا التمساح في مرف حمله، ويمكنه غلقها عندما يغوص في الماء.

الأسنان بسيطة وتُعدى الشكل لتتميز اللحم.

تنقل أنثى التمساح صغارها إلى الماء في قنبا وترعاها عدة شهور حتى تستطيع الاعتماد على نفسها.

جُمجمة التمساح الهندي

جُمجمة تمساح المصببات

أرجل قوية قصيرة

### جماجم الزواحف

جُمجمة تمساح المصببات عريضة، وعضلات فكها قوية للغاية. وهو يُغذي بالحيوانات الكبيرة، فيُحزِرُ ضحاه تحت الماء ناهشاً منها قطعاً يتلغها كاملة. أما تمساح الهند الأصغر (جافالبس جانيغس)، في أنهار شبه القارة الهندية، فيقتات بالأسماك. والتمكان في جُمجمته ضيقان جذاً، وهو يلتقط طعرات حطفاً كالطيور.

تمساح بالغ

دورة حياة زاحف ثنودجي



### الثقارات

الثقارات هي السلالة الوحيدة الباقية من فئة الزواحف الزبدات الأسنان - التي كانت شائعة قبل ملايين السنين. وبخلاف الزواحف الأخرى، فالثقارات تنقل شحمة في درجات الحرارة المنخفضة القارسة. والبرية المرفقة منها (سبنودون بينكاس) تعيش حالياً في مخيمات خاصة على جزر صغيرة بعيداً عن سواحل نيوزيلندا.



### السلاحفيات

السلاحف البحرية (اللجآت) والبرية يحميها ذبل عظمي يغطي جراحات قريته. تغذي السلاحف بالنباتات والحيوانات الصغيرة، وهي عديمة الأسنان، تُغطي الفك فيها مادة قريته. لجأة غلاباغوس، أعلاه، (جيوكيلون إليفتويس) هي نوع عملاق من السلاحف البحرية قد يزيد وزنها على ١٧٠ كغ.

### الزواحف السائدة

كانت الزواحف في سالف الأزمان أنجح الفقاريات على الأرض؛ وقد تراوحت أحجام الدينصورات من حيوانات ضئيلة يتحتم الفرقة إلى البراكينوسورس العملاق (بطول ٢٥م ووزن ٥٠ طن). ثم انقرضت الدينصورات وأشكال أخرى من الأحياء في إبادة جماعية يعتقد بعض العلماء أن سببها يعود إلى ارتباط رجيم هائل بالأرض.



دينويكس

دينوسور قزمي

الزحلين الاماسيتين

٣٣١

يبلغ طول الثقارات الكامل الثنود حوالي ٦٠سم. تعيش الثقارات في الجحور وتغذي بالخشرات والنباتات والصفاد وصغار الطيور البرية.

### لمزيد من المعلومات انظر

التفصيل من ٣٤٧
البيئة الباطنية (في الأحياء) من ٣٥٠
الهياكل الداعمة من ٣٥٢
الحركة من ٣٥٦
الحواس من ٣٥٨
التواصل الجنسي من ٣٦٧
حقائق ومعلومات من ٤٢٠، ٤٢٢



# الطيور

الدلائل الأحفورية تُشير إلى أنّ الطيور قد تطوّرت من الزواحف. فهي، كما الزواحف، فقاريات تضع بيوضاً ذات قشرة، وبقايا الحراشف ظاهرة في القدمين. لكنّ الطيور تميّز عن الزواحف بمعالم شتى، فهي من بين سائر الحيوانات مكسوّة بالريش، وكلّها ذات أجنحة ومناقيد. وهي داخلية الإحراق (حارّة الدّم) - فلا تتغيّر درجة حرارتها بتغيّر درجات الحرارة الخارجية. ودفع الجِسم هذا يجعلها ناشطة الفعل والظّيران دوماً، والواقع أنّ الطيور أكثر الكائنات الحيّة قدرّة على الطيران. هنالك ٩٠٠٠ نوع من الطيور تعيش في مُختلف الأماكن - في المُدن والغابات المطيرة الاستوائية وعلى الطوافي الجليدية.

ريش الطيور تطوّر من حراشف الزواحف.

الطرفان الاماميان تتحوّرا إلى جناحين.



تُغطّي القدمين حراشف صلبة.

## تصميم الجِسم في الطيور

خلال مراحل التطوّر، أصبحت أجسام الطيور خفيفة، متينة إسيائية، وقدسجة. فطائر الزراف (العامزور) هذا (السيدو أنيس) يبلغ ١٦ اسم طولاً، لكن لا يزيد وزنه على ٤٠ غ. وهو، كسائر الطيور، مكسو بالريش، وتغطي قدميه حراشف صلبة، ومفصّله صلب لكثّة خفيف الوزن. والطيور الصغيرة، كالزراف، ذات درجة حرارة جسدية هي الأعلى في عالم الحيوان. لذا فهي بحاجة إلى توريّ غذائي مُستمرّ لسدّ احتياجات أجسادها.



## التركيب الداخلي للطيور

الطيور عديمة الأسنان فلا تقطع طعامها. وتستعاض عن ذلك بطحن الغذاء الصلب في حنجرة خاشقة تدعى القانيضة. وبرت الطائر أكثر تعقيداً وفعالية من ربات الميونات والزواحف. فعند الشّيق، يسري الهواء إلى قنوجات حاشية تدعى الأكياس الهوائية، ومن ثمّ ينتقل إلى الرّئتين، ومنهما إلى مزيد من الأكياس الهوائية، قبل زفره إلى الخارج.



## الهيكل العظمي للطيور

الهيكل العظمي الرقيق للطائر الطيار لا يؤلّف أكثر من خمسة بالمئة من مجمل وزن جسمه. عظام الجناحين متجوّفة، كسائر عظام الهيكل، لكنها معزّزة بدعائم لتزيد من القوة. وتنبّت عضلات الخناكين صفيحة عظمية متلاحمة تنبثق من عظم القصّ تدعى الجوّاجو.



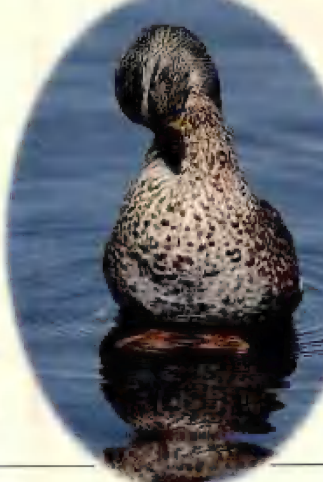
## طيور لا جناحية

الكبوي الأسمر (أهريكس أستراليس) في نيوزيلندا هو واحد من عدّة طيور فقدت قدرتها على الطيران. فجناسه ضئيلان أثرتان وريشه شعريّ. وخلافاً لما هو الشائع في الطيور، فالكبوي حاشّة شم جيّدة يستخدمها في تلمس طعامه ليلاً.



## العناية بالريش

الكساء الريشي بحاجة إلى عناية مُستمرة ليبقى في حالة جيّدة. وتستخدم الطيور مناقبها كالمشط في تسبيد الأسلاك والأسلاك وضمتها معاً، وأيضاً لإزالة القمل والقنبيليات الأخرى. مُعظم الطيور تقترح كساءها الريشي، وتشدّد به آخر، مرّة أو مرّتين في السنة. هذه البقعة تنقل كساءها الريشي بزيت خاصّ يجعله صامداً للماء.



## الكساء الريشي

يألف الريش من الرّيشين. المادّة تُقسّم التي يألف منها شعراً وأظفارنا. فالعراق، الذي يمتدّ فصيّة على طول الريشة، يحول آلات الفروع الجانيّة، الشّشاء أسلاك. ولهذه فروج أصغر تدعى أسلاك تشابك معاً بخطاطيف دقيقة يؤلّف صفحة التّعليل. وقد يحوي كساء الطائر الريشي فوق الـ ١٠,٠٠٠ ريشة مُختلفة الأشكال والأنواع.



الريش الرّغمي يغزل الجسم حراريّاً. فالأسلاك فيه لا تتشابك معاً بل تنتشر لتكوّن طبقة مُنتفخة تحبّس الهواء.

ريش الجسم تُكسبه انسيابية. فقاعد الريشة طرية ومُنتفخة، لكنّ سطحها طرفها العلوي أكثر انسياباً.





شُرشور جولد  
(كلوبيا جولدي)  
ذو منقار  
شهابي لائل  
الزُّور - فهو قصير  
عقب يستطيع كسر  
الزُّور والنقاط ما  
فيه.

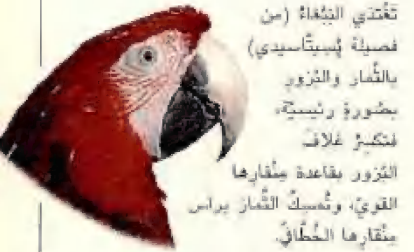


بنقار النعام  
(فنيكوپترس روبير)  
يعمل كالمصفاة!  
فيتحرك جزؤه  
المثقبى صعودًا  
وقبولا ضاغطًا  
لما عن الجزء  
الفلوي، حيث  
يُحبس الطعام فوق  
حافة من الشفوف.



النكَّات (رُكُورُفروشتر أفرست)

أحد بضعة الطيور المعقوفة المبقار إلى  
أخر - وهو يُرجّطه عن استناده من جانب إلى  
آخر ليصير صغير الحيوانات الماتية.



تغتني الببغاء (من)  
فصيلة (سيتاسيدي)  
بالبشار والزُّور  
بشورة رئيسية،  
لتكسر غلاف

الزُّور بقاعدة منقارها  
القوي، وتُكسك الثمار براس  
منقارها الخطائي.



العُرسق (فالكو تشكولس)  
يُفتدي بالخشرات والنباتات  
الصفرة؛ وهو كسائر  
كواسر الطير الأخرى  
يُدرّي طعامه  
بمنقاره الخطائي  
الحاد.

### المناقير والطعام

يألف بنقار (بنقار) الطائر من غطير معظم  
طبقة قرية. ويقتنم العظم من  
البنقار على حجمه عادة في الطائر البالغ،  
لكي المادّة القرية تنمو باستمرار لتعويض  
البلى. والبنقار ملانم يُنوع الطعام الذي  
يتناوله الطائر، فالطيور المتميزة نوع التغذية  
لها عادة مناقير متميزة.

### المزيد من المعلومات انظر

- الدورة السنوية ص ٣٤٩
- البينة الباطنية (في الأحياء) ص ٣٥٠
- الهياكل الداعمة ص ٣٥٢
- الخرقة ص ٣٥٦، الدماغ ص ٣٦١
- التناسل الجنسي ص ٣٦٧
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٠، ٤٢٢



تُحسّن أنثى الشُرشور بيوضها تحت  
ريشها العازل وجسدها البلاء - علما  
أن بعض ويثي الصدر يتساقط  
في رقعة الخشن.

تُكوّر الشُرشور الرأسي الألوان  
لا يُشارك في خشن البيض -  
والا كانت ألوانه تُشير  
للضواري اكتشاف الغش.

### عش بيض

يُنشأ فرخ الطائر داخل البيضة، خارج جسم  
الأم، تقيه قشرة صلبة تمنع سُروب الماء لكنها  
تسمح بدخول الأكسجين. الطيور الصغيرة كلها الشُرشور (فريجلا  
كوليس) تضع عدة بيوض في العش، والفراخ لا تُنشأ ما لم تُرجم الأنثى  
على البيوض فتدقها بالخشن.

خيمة العش



يشتهر الخبثاك الإفريقي (من نوع بُلوسيس) بمهارته  
في حبك الأعشاش. يحك الذكور العش من نُصول الغشِب بمنقاره  
ورجله. وعند الانتهاء يتعلّق به مُزقراً جناحيه لاجتذاب القوين.

أنبوب  
المخدر

### الأعشاش

جميع الطيور نباتية، لكن  
ما تُكّلها نبي أعشاش. فيعض الطيور البحرية تضع بيوضها مباشرة  
على حواف الجُرف الصخرية، وكثير من الطيور الأرضية الغشّ تضع  
بيوضها في خفرة بسيطة تُغطّيها بالريش. والطيور التي تُبي أعشاشا  
مُعقّدة تستخدم أنواعا عديدة من المواد كالأوراق اليابسة والعيدان  
والطين والشعر وتُنع العنكبوت واللّغاب أيضا. ولا يحتاج الطائر إلى  
تعلّم بناء عشه - فالعريضة قليلة بذلك.



الفران الحمراء (فريجاريوس)  
روغوس، من أمريكا الجنوبية، يبني  
له عشّا من الطين قُرني الشكل  
بشكل كُرّة القدم يتحدّد عندما  
يُحف. والمخس منقار فُوق  
يؤدّي إلى حجرة داخلية.



شمامة النخل الإفريقية  
(سبسيوروس بارفوس) تُغذي بعض  
الريش الرُغبي فوق ورقة نخيل، ثم تغذي  
بيوضها فوق قرينة الريش تلك، فتبقى  
للصفاة حتى أثناء الغواص.



### الزُّوق

أنثى الزُّوق (كوكولس كائورس) لا تُبي  
عشا، بل تضع بيضة مكان إحدى البيوض في  
عش طير آخر في غياب حاضيته. وعندما  
يُقبض الزُّوق الصغير يُدحرج البيوض  
الأخرى خارج العش ويستقل به. ويواطئ  
الوالدان الزُّوقيان على إلهام فرخ الزُّوق،  
الذي يوقّعهما حقا، كأنه فرخهما.

### هجرة الطيور

تُقبض الطيور عادة موسمي الصيف والشتاء في مكانين  
مُختلفين. فالكثير من أنواع الإوز  
تتأرجح في أقصى الشمال  
حيث الطعام وفير خلال  
الصيف القصير؛ ثم تغير  
جنوبا عندما يبرّد الطقس  
مع اقتراب الشتاء. هذه  
الرحلات الطويلة تدعى هجرات الطيور.





# اللّبونات

إذا ما سألت رفيقاً أن يُسمّي حيواناً ما، فالأرجح أنه سيُسمّي حيواناً من اللّبونات (الثديّات)، وهي الطائفة التي ينتمي إليها البشَر كما مُعظم الحيوانات الكبيرة المألوفة في حياتنا اليوميّة. لكنّ ليست كلّ اللّبونات كبيرة - فهي تتراوح حجماً من الرّبابيّة والخفافيش حتّى الفيلة والحيثان الضخمة. تشترك اللّبونات في ثلاث ميزات رئيسيّة - فهي داخليّة الإحراق (دافئة الدّم وثابتة درجة الحرارة)، وذات كساء من الفرو أو الشّعر، وترضع صغارها لبناً تُفرّزه الغدّة الثدييّة لدى الأمّ. واللّبن غذاء كامل لصغار اللّبونات يقيتها حتّى تقوى على إيجاد طعامها بنفسها. واللّبونات أكثر الفقاريّات أنشطاراً على اليابسة حيث يُوجد منها حوالي ٤٠٠٠ نوع.



جسم جمار الرّود شغلي بالشّعر.

يرضع الفلّو لبناً من ضروع الأمّ.

جمار الرّود الشائع (الفلّوس بورشيلي).

## اللّبونات السّخديّة (المسيميّة)

جمار الرّود، كسائر الحيوانات المبيّنة هنا، هو لبون طبيعيّ. فالفلّو ينمو داخل رحم الأمّ حيث يستجدّ غذاءه منها غير السّخد، وهو نسج إسفنجيّ ينقل الغذاء من دم الأمّ إلى دم الجنين. والفلّو الوليد، بخلاف الوليد البشريّ، قويّ لا يلبث أن يقفّ على قوائمه ويتنقّب أمّه.

ما إلّ يؤكّد الدّلعن الصّغير حتّى تدفقه الأمّ إلى سطح الماء ليتنفس.



## اللّبونات الطّيّارة

تُشكّل الخفافيش، بأنواعها الألفين، قرابة ربع عدد الأنواع اللّبونيّة. وهي الحيوانات الوحيدة، بين اللّبونات، القادرة على الطيران حقيقة. تقات مُعظم الخفافيش بالحرّات، وهي تُحدّد مواقعها بدقة في الهواء بواسطة صدى التّنبّضات الصوتيّة التي يُبثّها كالرادار. أمّا أنواع الخفافيش الأكبر فتقات بالشار.

الأرنب من الحيوانات العاشبيّة؛ أسنانه الأماميّة قاطعة والخلفيّة طاحنة.



أسنان اللّواجم قاطعة حادّة تُمزّج اللحم وتقطّعه.

الكُلب من اللّواجم؛ أنيابه الطويلة الحادّة تُقبض القريسة.



## الأسنان والغذاء

أسنان اللّبونات مُنوّعة الأشكال كتنوّع الأدوات في صندوق عدوّ. فاللبّونات البالغة المُختلفة تقات بضروب مُختلفة من الطعام، وأسنانها مُكيّفة لتلاصق وتزعّج غذائها. فاللّواجم (أكلاّ اللحم) ذات أسنان قابضة مازقة، والعاشبيّات (أكلاّ الثّبت) ذات أسنان قاطعة وطاحنة. أمّا الفوارث، التي تُقتدي بمُختلف أنواع الطعام، فأسنانها مُنوّعة - قابضة وقاطعة ومازقة وطاحنة. بعض اللّبونات، كالثّديّات (أكلاّ الثّفل) والحيثان الباليّنيّة، التي تُقتدي بأنسجاء عوالق الكريل من القشريّات البحريّة (كالفريديس وبراعيت البحر وسواها)، عديمة الأسنان.



تتطوّر البويضات المُخصّبة داخل جِسم الأمّ. جِمار الرّود البالغ يُولد مُغطّى بشفرة. دورة حياة لبون نموذجي.

## لبون مُدرّع

أمّ زوّقة الشجريّ (مانيس ترايكتيس)، من إريقيّة الاستوائيّة، تحميهِ خرايف صلبة ورقيّة الشّكل تغطّي مُعظم الجِسم. يُقتدي أمّ قوّة بالثّفل والأرض يلتفتلها يلسّله الطويل. وهو، كأكلاّ الثّفل الأخرى في أستراليا وأمريكا الجنوبيّة، عديم الأسنان.



## اللّبونات المائية

الدّلافين لبونات من زوّية الحريّيات - تقضي حياتها كلّها في البحر. وخلال مسارها التطوّريّ اتخذت الدلافين شكلاً انسيابياً كالسمك، لكنّها، كباقي اللّبونات، ترضع صغارها لبناً وتتنفّس هواء الجوّ.



الرّبابيّة الشّجريّة الشائعة (توبايا جليس).

## الرّباب الشّجريّة

الدّلافين المُدوّمة (ستيللا لونجبروستيس).

الرّباب (ج. ربابيّة) الشّجريّة، من جنوبيّ وشرقيّ آسيّة، لعلّها أغيّة باللّبونات الأولى التي تطوّرت من أسلاف زواجف. وهي ليّنة النشاط ذات عيّنين واسعتين وحاشيّة شَم قويّة. ويُعتقد البولوجيون أنّ حيوانات مُماثلة للرّباب شاركت الدّبوسورات الأولى العيش على الأرض منذ أكثر من ٢٠٠ مليون سنة.





## اللبونات الجرابيّة

تُولد صغار الجرابيّات غير مكتملة النّمو؛ فيزحف الوليد الضئيل الحجم مباشرةً إلى جراب الأم حيث يتعلّق بأحدى الحلمات فيه فينمُو. والجراب في القنابر كسّ قبيح، أمّا في بعض الجرابيّات الأخرى، كالكوول، فقد لا يزيد على سِدَلَة بسيطة. هناك حوالي ٢٦٠ نوعاً من الجرابيّات؛ ومع أنّها ترتبط في أذهان الكثيرين بأستراليا، فالعديد منها يستوطن أمريكا الجنوبيّة.

الفرو أو الشعر يحمي الجلد من الشمس والاذى، كما يخلق تدرّجاً في الجسم ويحفظ حرارته.

تستطيع أنثى القنغر توالى إنتاج الصغار كما في خط إنتاج صناعي - فبينما يتكوّن واحد داخل الرحم، يكون آخر في الجراب، وثالث حواليتها يشارب الاعتماد على نفسه.

الطرفان الاماميان قصيران يستخدمنهما القنغر في الحفر والتهنئة والدفاع عن النفس.

يقفر صغير القنغر إلى داخل الجراب إذا أحس بالخطر، حيث ينطوي على نفسه ضاماً أطرافه باتجاه راسه.

## وحيدات المسلك

خلد الماء أو منقار البط (أورنيثورنكس أناتينوس) حيوان يجمع الغرائب. فهو ليون بيوض، مكفّف الأصابع وذو منقار كالطيور. وعندما تقف صغاره، تلتذي بلحس اللين من غدو نديّة، على بطن الأم، لا حلمات لها.



نوعان آخران من اللبونات فقط بياضة - هما قنطرة الثقل (أكلا الثقل الشوكيان). وهما يؤلفان مع منقار البط رتبة صغيرة من اللبونات تدعى وحيدات المسلك.

## الكوالا

الكوالا (فاسكولاركتوس سيزيوس) حيوان جرابي أسترالي تكيف للعيش في الشجر، ولغذاء يتألف بصورة رئيسية من ورق الأوكاليبتوس. تقضي صغار الكوالا ثلثاتها الأولى في جراب الأم، وعندما تكبر نوعاً، تخرج من الجراب وتنتشّ بظهر الأم. والكوالات ليست وثيقة القرى بالذئبة رغم أنّها تشبهها. فالذئبة حيوانات لبونة متبعية لا جرابية.



أطراف طويلة حادّة لخدش الرمال

## أبوسوم فرجينية

لقد حقّق أبوسوم فرجينية (ديلفيس فرجينيانا) نجاحاً نادراً في دُنيا الجرابيّات، فهذا النوع الجرابي الشجري، من أمريكا الشماليّة، قد وشع مدى انتشاره شمالاً بآطراف حتى كندا. وقد نشئ له ذلك بكنهه للعيش بين البشر - فهو يجوب الحدائق ويغلي السقوف ويبحث عن الطعام بين الفضلات المنزليّة.



## ليون ديماسي

لقد طوّر الكثير من الجرابيّات أشكالاً وأساليب حياة تماثل شقيقاتها من اللبونات المشيميّة. فشكل الطيور الجرابي (نوتوريكتس تيفلوس) شبيه جدّاً بالطيور المشيميّة، من حيث ثلاثة جنس وقرّة قوائم الحفّارة. وهو أيضاً مثله يفتذي باليرقانات الكبيرة والديدان.

## الكوول

الكوول الجميل الرقيق (ديسورس فيغريوس) هو الجرابي الأسترالي المقابل للهر. وهو حيوان ضارٍ ليلي النشاط، يقتل بالحيوانات الصغيرة كالخشرات والجرابيّات الأصغر. لكنه ليس صياداً ماهراً كطيور المشيميّة. فمُنذ إدخال الهرّ الأهلي إلى أستراليا تراجع أعداد الكوول، كما انخفض عدد الكثير من الجرابيّات الأخرى أيضاً نتيجة لمنافسة اللبونات المشيميّة لها.

### لمزيد من المعلومات انظر

- الأسنان والمخّان ص ٣٤٤
- الشمس ص ٣٤٧
- الدورة الشمويّة ص ٣٤٩
- البيئة الباطنيّة (في الأحياء) ص ٣٥٠
- الهياكل الداعمة ص ٣٥٣
- الناسل الجنسي ص ٣٦٧
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٠، ٤٢٢



## الرئيسات

نحن البشر ننتمي إلى رتبة من اللبونات تُدعى الرئيسات، وهي كما يُشير اسمها أعلى الكائنات الحيّة. تُقسّم الرئيسات إلى فئتين هما: أشباه الإنسان (البشر والقرود والسعادين) والبروسيميّات (وتشمل الليمامير وطقول الأدغال والآيات). وينتمي جميع البشر إلى رتبة من الرئيسات ليس فيها سوى جنس الإنسان. والإنسان يعيش على الأرض ويمشي على رجلين، فيما معظم الرئيسات الأخرى شجرية العيش وتستخدم أرجلها الأربع. العيّنان في الرئيسات أمامية التوجّه ومما يساعد في تقدير المسافات والأصابع والأباجس قابلة للتثني فيمكنها قبض الأغصان والتمسك بها. وتتميّز رتبة أشباه الإنسان بأذنيّة كبيرة ومستوى عالٍ من الذكاء.

## السقلاة (الأورانغوتان)

تعيش الرئيسات في معظمها في المناطق المدارية ودون المدارية؛ وتشمل حوالي ١٨٠ نوعاً. ينتمي الأورانغوتان (بونجوبيجيوس) إلى فصيلة القرود التي تضم أيضاً الغوريلا والبعم (الشبانزي). ويستوطن الأورانغوتان الغابات المطيرة في جنوب شرقي آسيا، وهو، كالعديد من الرئيسات مهدّد بالانقراض، لأن موطنه الحراجية تحري إزالته للتجارة بأخشابها، أو لإنقاذها مزارع وأراضي زراعية.

بالمقارنة مع خنثقة القرود، خنثقة الإنسان ذات قحفٍ دماغي كبير جداً وفكّين قصيرين وأسنان صغيرة.



## أصل الجنس البشري

إنّ شكل جثثنا الإنسانيّ بالغ الأهميّة في تتبع مسار تطوّر النوع البشريّ، لأنّه يُمكّن مقارنتها مباشرةً بالجمامع الأهورية لأقربائنا الأباغء. وتشير دراسات العلماء إلى أنّ الإنسان قد تطوّر من أسلاف من أشباه الإنسان، كما تُشير الأحافير أنّ عدّة أنواع من أشباه الإنسان كانت متواجدة منذ ما بين مليون وخمسة ملايين سنة. ولم يبق منها حيّاً إلا نوع البشر فقط.

## الآيات

الآيات (دوبونيا المدغشقرية) المهدّد بالانقراض من الرئيسات الدّنيا (البروسيميّات)، حيوان شجريّ العيش ليالي النشاط، يُغذي يرقات الحشرات وورق الشجر. يذا الآيات الأماميان فيما اصبع ثالثة طويلة إضافية، يُستخدمها في التقاط اليرقات من قُلوخ لحاء الشجر.

الشبانزي (يان تروغلويتس) يُستخدم أداة لاستخراج الحشرات من لحاء الشجر.



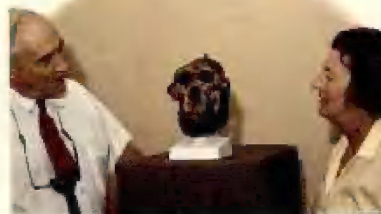
## البعم (الشبانزي)

يستخدم الإنسان الأدوات عادة للقيام بأنشطة مُعيّنة، وهكذا تفعل بعض الرئيسات الأخرى. فالبعم مثلاً، يُستخدم عيداناً حادّة وأنصال الأعشاب للتغلب عن الطعام كما يهرس القرود (البابون) أحياناً الحيوانات الصغيرة بالحجارة، ويُستخدم العديد من الحيوانات الأخرى أدوات لتكثف تغلّ ذلك بالغريزة أصلاً. وتستطيع الرئيسات تعلّم كيفية صنع الأدوات بشراقة بعضها بعضاً أثناء العُل.

## لويس وماري ليكي

أسهم عمل عائلة ليكي في تتبع حلقات مسار النوع البشريّ وتطوّره. فقد اكتشف لويس ليكي (١٩٠٣-١٩٧٢) في شرقي إفريقيا أحافير أناسيّة، وارتأى أنّ نشأة الإنسان كانت في تلك المنطقة. أمّا زوجته ماري (١٩١٣-) فقد اكتشفت عدّة أحافير لأسلاف بشريّة

وأثار أقدام يرجع تاريخها إلى قرابة ٣ ملايين سنة، كما اكتشف ابنهما ريتشارد ليكي (المولود عام ١٩٤٤) العديد من الأحافير المهمّة أيضاً.



## سيادة البشر

البشر أكثر الرئيسات عدداً بقدر كبير، فهي الـ ٣٠٠ من الأخيرة زيادة عدّد سكان العالم من حوالي ١٠٠٠ مليون إلى قرابة ٦٠٠٠ مليون نسمة. ولم يسبق في تاريخ العالم أن كان لأيّ من أنواع الكائنات مثل هذا التأثير البشريّ الواسع المدى على الكائنات الحيّة الأخرى.

## لزيد من المعلومات انظر

التطوّر (الشؤون بالنحوّل العضوي)  
ص ٣٠٨  
اللبونات ص ٣٣٤  
الهياكل الداعمة ص ٣٥٢  
البشر وكونهم ص ٣٧٤  
حقائق ومعلومات ص ٤٢٢



# الكائنات الحيّة - كيف تعمل

لماذا النبات أخضر؟ وما وظيفة الدم؟ وهل جلدك ميت أم حي؟ أجوبة هذه الأسئلة في كثير من الحالات تتعلق بتركيب المادة الحيّة. فالكائنات الحيّة تحوي أجزاءً متباينة، لكنّها متوافقة ومتّابقة بشكل رائع للعمل معاً. بعض هذه الأجزاء، في النبات والحيوان، كبير يُرى بالعين المجردة، وبعضها صغير بالغ الدقة، فلا يرى إلا بالمجهر. إن أصغر الأجزاء، في سائر الكائنات الحيّة، هو مُعقّد جدّاً. وبالتعرّف الدقيق إلى كيفية عمل الأجزاء الصغيرة هذه يتوصّل العلماء إلى تفهّم طرائق عمل المُعْضَيَات الكاملة.

كُلُّ ضَرْبٍ مِنَ الكائنات الحيّة مُكَيَّفٌ لِلْبَيْئَةِ الَّتِي يَعِيشُ فِيهَا. فالشَّجَرُ (الجُبُونُ) الشَّجَرِيُّ الْغَيْشَرِيُّ لَهُ ذِرَاعَانِ طَوِيلَتَانِ يَتَرَجَّحُ بِهِمَا بِجَفَّةٍ وَشَرَعَةٍ بَيْنَ أَعَالِي الشَّجَرِ، وَتُسَاعِدُهُ عَيْنَاهُ الْأَمَامَتَانِ التَّوَلُّجُ فِي تَحْدِيدِ الْأَبْعَادِ بِدَقَّةٍ خِلَالَ تَرَجُّجِهِ مِنْ عُشِّهِ لِأَخْرَجِ.

## المُتَعَضِّيات وبيئتها

جميع الكائنات الحيّة، أو المُتَعَضِّيات، يتّبع لها التوافق مع بيئتها. فهي تُغْذِي من المُحِيط الَّذِي تَعِيشُ فِيهِ. وتُستخدِمُ هذا الغذاء في أغراض عديدة تُشكِّلُ إنتاج الطاقة للحركة، والمواد الأساسية للنمو والتأصل. وغير مُزَاجِلِ تَنَشُّبِها طَوْرَتِ الكائنات الحيّة طَرَفًا مُخْتَلَفَةً لِلْعُضُولِ عَلَى قِدَائِهَا. فالشَّجَرُ لَا يُجَارِي فِي التَّوَصُّلِ إِلَى الْأَوْرَاقِ وَالنَّصَارِ فِي أَعَالِي الشَّجَرِ، وَجَهَازُهُ الْهَضْمِيُّ قَادِرٌ عَلَى هَضْمِ هَذَا الْغِذَاءِ كِيمَاوِيًّا مُتَحَرِّرًا مُخْتَوًى مِنَ السُّعْطِيَّاتِ وَالطَّاقَةِ.

## الأعضاء

يحتوي جسم الشَّجَرِ (الحيوان) مجموعة من الأعضاء تُشكِّلُ الدِّمَاغَ وَالْقَلْبَ وَالرِّئَتَيْنِ وَالْكَبِدَ وَبِوَاهَا. وَالْعَضَلُ تَرْكِبِيَّةٌ ذَاتُ طَوَائِفٍ مُعَيَّنَةٍ فِي نِطاقِ الْحِفَافِ عَلَى الْحَيَاةِ. وَلِكُلِّ عَضَلٍ شَكْلٌ مُعَيَّنٌ. ويتألّف من مجموعة مُتَوَافِقَةٍ مِنَ الْخَلَايَا الْمُخْتَلِفَةِ.

## الخلايا

الخلايا أصغر أجزاء الكائن الحيّ، وهي حيّة كاملة الحيويّة. وغلّايا العضو مُنَشَّغَةٌ فِي مَجْمُوعَاتٍ تُدْعَى النِّسْجَةُ، وَكُلُّ نَسْجَةٍ يَحْوِي ضَرْبًا وَاحِدًا مِنَ الْخَلَايَا وَيُوَفِّي مَدَى مُتَحَدِّدًا مِنَ الْوِطَائِفِ.

## راموز الجينات

كُلُّ خَلِيَّةٍ تَقْرِيْبًا لَهَا مُرَكِّزٌ تَحْكُمُ هُوَ النُّوَاءُ. وَيُوجَدُ دَاخِلَ النُّوَاءِ جُزْئِيَّاتٌ طَوِيلَةٌ مِنَ الْحَامِضِ النَّوَوِيِّ الرَّبِّيِّ الْمَقْشُوفِ الْأَكْسَجِينِ الَّذِي يُدَارُّ إِلَيْهِ غَالِبًا بِدَوْنِ أ. يتألّف جُزْءٍ د ن أ من نُوَلْبٍ مُزْدَوِجٍ الْخِيطِ تُرْبَطُ طَائِقِيَّةً "بِجُسُورٍ" كِيمَاوِيَّةٍ يُؤَلَّفُ تَنَشُّبُهَا الدَّقِيقُ رَامُوزَ جِنَاتِ الْعِلْيَةِ. وَهَذَا الرَامُوزُ أَشْبَهُ بِوَضْعٍ لَطِيعَةٍ وَكَيْفِيَّةٍ مَا تَقُومُ بِهِ الْخَلِيَّةُ.



## أندرياس فيزاليوس

وَضَعَ فِيزَالِيُوسُ (١٥١٤-١٥٦٤)

أَسَاسِيَّاتِ عِلْمِ التَّشْرِيحِ الْحَدِيثِ -

عِلْمِهِ وَدِرَاسَتُهُ بَنِيَّةَ الْكَائِنَاتِ الْحَيَّةِ.

وَهُوَ طَبِيبٌ بِلْجِيكِيٌّ حَقَّقَ أَهَمَّ إِنْجَازَاتِهِ فِي

إِيطَالِيَا. قَدَّمَ عَيْنَ فِي سِنِّ الثَّالِثَةِ

وَالْعِشْرِينَ أَسَاسًا لِعِلْمِ التَّشْرِيحِ. وَفِي

الْعَامِ ١٥٤٣، نَشَرَ كِتَابَهُ دَبِيَّةَ الْجِسْمِ

الْبَشَرِيِّ الَّذِي تَمَيَّزَ بِدَقَّةِ السَّلَاحَةِ،

وَجَمَالِ الرُّسُومِ الْإِبْصَاحِيَّةِ. فَكَانَ أَوَّلُ كِتَابٍ يَبَيِّنُ تَفَاصِيلَ الْجِسْمِ

الْبَشَرِيِّ بِطَرِيقَةٍ دَقِيقَةٍ.

الكَبِدُ إِحْدَى أَكْبَرِ أَعْضَاءِ الشَّجَرِ، فِيهِ تُعَالِجُ الْغِذَاءُ الْمِهْضُومَ وَتَقُومُ بِعَدَّةٍ تَفَاعُلَاتٍ كِيمَاوِيَّةٍ وَتُخْزِنُ نُوَاءً تُسْتخدَمُ فِي إِنتَاجِ الطَّاقَةِ.

الْخَلَايَا الْكَبِدِيَّةُ هِيَ أَحَدُ أَنْوَاعِ الْخَلَايَا فِي الْكَبِدِ، وَهِيَ مُنَشَّغَةٌ صَفْحِيًّا وَتُفَرِّدُ سَائِلًا يُدْعَى الصَّفْرَاءَ (الْمُرَّةَ) يُسَاعِدُ فِي عَمَلِيَّةِ الْهَضْمِ.

تُؤَلَّفُ الْخَلَايَا الْكَبِدِيَّةُ أَحَدَ أَنْوَاعِ النِّسْجَةِ فِي الْكَبِدِ. وَفِي الْكَبِدِ خَلَايَا مِنْ أَنْوَاعٍ أُخْرَى تُكَوِّنُ ضَرْبًا أُخْرَى مِنَ النِّسْجَةِ، كَالْأَوَّاعِيَةِ الدَّمَوِيَّةِ.

كُلًّا د ن أ التَّوَاجِدُ فِي نُّوَاءِ الْخَلِيَّةِ.



# الخلايا

كُلُّ كائن حي يتألّف من خلايا، وكُلُّ خلية منها تُشبهُ معملاً بالغ الصغر، تجري فيه آلاف التفاعلات الكيميائية بتحكّم فائق الدقّة والعناية. ونستخدمُ الخلايا هذه التفاعلات لأداء كافة المهام الضرورية للحياة. وتتكاثّر الخلايا بالانقسام الثنائي (السطري) مرارًا وتكرارًا. بعض الكائنات الحيّة، كالمُتَمَوِّرة (الأميبا) أحاديّ الخلية، وبعضها الآخر، كالإنسان، يتألّف من ملايين الخلايا العاملة بتكامل معًا. والخلايا التي تولّد الأنسجة المختلفة في مُعَضِّ مُتباينة نوعًا. وتختلف الخلايا النَّبَاتِيَّةُ عن الخلايا الحيوانية، أساسًا، بجدرانها الجاسية وقدرتها على تخليق غذائها.

## الخلايا الحيوانية

الخلية الحيوانية أشبهُ بكيسة دقيقة رُخصة يملؤها مائع. يُضَمُّ الخلية ويدعمها غشاء سون رقيق يدعى الغشاء البلازمي. وهو غشاء يصفّ مُنْقِذ يَسْمَحُ بمرور بعض الكيماويات غيّرهُ دون سواها. ويتوسّط الخلية نواة تحكّم كُلَّ ما يجري داخل الخلية. والنواة مُحاطة بسائل هلامي يدعى السيتوبلازم (أو هيولى الخلية) يحوي جسيمات تدعى عُضَيَات، يَكُلُّ حُرْبٍ منها وظيفته في أنيطة الخلية.

خلية حيوانية مُتَمَوِّرة

القنوات الخويصلية هي جُودٍ تُخزِن في الخلية، لِتُخزِن الدُهون مثلاً.

د ن أ في النواة يبقى في داخلها، لكن التعليمات التي يَحْمِلُها تُنْصَح وتُفَرِّد إلى شُكُلٍ أَجْزَاء الخلية.

الشبكة الهيولى الباطنة الناعمة تُخَلِّقُ الدُهون.

البروتيئات القاسية في غشاء الخلية تنقل المواد المُعْدَّة من الخلية واليها.

الغشاء البلازمي (غشاء الخلية) يُحيط بالخلية غشاء بلازمي مُسامي يَحْكُمُ بِحَرَكَةِ المواد (الكيماويات) من الخلية واليها. فهو غشاء يصفّ مُنْقِذ. يُخزِنُ الكيماويات التي يُمكنها المرور غيّرهُ من جانب لآخر.

يتألّف الغشاء البلازمي من طبقة مُزدوجة البروتينات.

الغشاء البلازمي (غشاء الخلية)

البروتينات عُضَيَات ربيّة تُخَلِّقُ البروتينات، وتكوّن إِنْطَاقِيَّةً في هيولى الخلية أو مُنْقِصَةً بالشبكة الهيولى الباطنة.

الشبكة الهيولى الباطنة المُخْتَلِفة

هيولى الخلية (السيتوبلازم) سائل هلامي يحوي العُضَيَات، وغالبًا ما يَتَوَرَّدُ داخل الخلية.

التَّغْدِيرَةُ عُضَيَات تولّد الطاقة للخلية بتفاعلات التَّنَفُّسِ الخَلَوِيِّ، وتوفّر طَاقَتَها الداخليّة مسانحة كبيرة لِحدوث تلك التفاعلات.

## الشبكة الهيولى الباطنة

شبكة الهيولى الباطنة هي تَقْلُقُ العمل في الخلية، وتتألّف من منظومة من الأعنية المُزدوجة تجري فوقها التفاعلات الكيميائية. والأعنية مُطَوَّاة ومُرْتَفَض بعضها فوق بعض كطبقات الشُعْطِرة. وهي تُصَلِّقُ بالغشاء الثوري والغشاء البلازمي (غشاء الخلية).



بروتينات على سطوح الشبكة الهيولى الباطنة المُخْتَلِفة.

المسام في الغشاء حول النواة (الغشاء الثوري) شَتِيع لِتَسْجِيعِ وَاقِوِّد د ن أ بِالانتقال إلى خارج النواة.

## النواة

النواة هي مَرَكُزُ التَّحْكُمِ في الخلية، وتحوي تعليمات كيميائية في خزيات د ن أ (الحامض الثوري الرببي المُتَمَوِّس الأَكْسِجِين) لكافة ما نَقُومُ بِهِ الخلية. وَيَشْتَرُ د ن أ عَادَةً في النواة كَأَلْيَابٍ طَوِيلَةٍ. وتحوي نوى مُعْظَمِ الخلايا لَوْنَةً وَاحِدَةً على الأقل، وهي جَسْمٌ كَرَوِيٌّ صَغِيرٌ يَخْلُقُ عُضَيَاتٍ تدعى الرَبَاسَات (أو الأجسام الرَبِية).



## أحجام الخلايا

نابيت شبكة العين يبلغ طولها ٤٠ ميكرومترًا بالمقارنة مع بيضة النعانة التي يبلغ طولها ٢٥٠,٠٠٠ ميكرومتر.



هذه الصورة المجهّزة الإلكترونية، المُصْطَنَعَةُ، اللون، إِيْلَابِيَّة شَبَكِيَّة. العين تُطَوَّرُ أربع خلايا، أما الخليلتان الكرويتان فهما خليلتان عُضَيَاتِيَّتان.

بيضة النعانة قد يبلغ وزنها ١,٥ كغ.



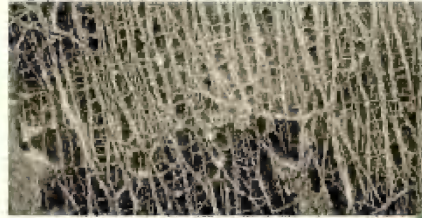
## الخلايا

١٥٩٠ صانع نظارات طبي هولندي، زُحَارِيْس جَانِس يَشْرَعُ المِجْهَر (المُجْهَر) فيه أكثر من عِدَّةٍ واحدة) فيجعل الأجسام الصغرى الدقيقة مرئية للمرة الأولى. ١٦٦٥ العالم الانكليزي روبرت هوك (١٦٣٥-١٧٠٣) يَلْخُصُ سِرَاتِجَ رَقِيقَةٍ غيّر بِجَهْدِهِ فِرَى اشْكَالًا مُتَوَدِّقَةً الشَّكْلِ يدعوه "خلايا". ١٨٣٨ طيبان المالبان ثودور لُفَان (١٨١٠-١٨٨٢) وِجَاكُوب مَاتِيَّاس شِلْدِن (١٨٠٤-١٨٨١) يَرْتَبِيان أن جميع الكائنات الحيّة تتألّف من خلايا. ١٩٣٧ البيولوجي الفرنسي، إدوار سانون، يَلْخُصُ أن بعض المُعْضَيَات المِجْهَرِيَّة (بدايات النواة) ذات خلايا مُخْتَلِفة تمامًا عن خلايا جميع الكائنات الحيّة الأخرى خلية عُضَيَّة



## الخلايا النباتية

تختلف الخلية النباتية عن الخلية الحيوانية، أساساً، بامتزاج مهمتين - فهي مُحاطة، بالإضافة إلى الغشاء البلازمي، بجدار حاسي من السليولوز، كما تحوي عضيات تدعى جُيَلَات اليخضور تُكسيها لونها الأخضر. وتحتسب هذه الجيَلات طاقة ضوء الشمس لتستخدمها الخلية في عملية التخليق الضوئي. معظم خلايا النبات تحوي أيضاً فجوات حويصلية كبيرة تُخزن السَّع الخلوي الذي يضغط على جدران الخلية فتبقى مكتنزة مُحاطة على شكلها. فالنبات يَدْبُل بِعَوْد الماء وَفُتور ضَعط السَّع (ضَعط الانتفاخ) على جدران الخلايا.



### بنية جدار الخلية

تتألف جدران الخلايا النباتية من مادة خبيثة تدعى السليولوز. فتصنع الخلية إياها بدقة من هذه المادة، بانية إياها في طبقات متصالية خارج الغشاء البلازمي، لتؤلف غلافاً صندوقيًا حاسيًا حولها. وبدون هذه الجدران الخلوية السليولورية الخشنة، كانت معظم النباتات تنمو إلى كتلٍ رخوة خضراء.



الغشاء البلازمي يقع بين الجدار السليولوري والسيتوبلازم في الخلية.

جُيَلَات اليخضور مُلتقِرة في السيتوبلازم وهي تكتسب لونها من خضاب أخضر فيها يُدعى اليخضور (الكُثوروفيل)، أما خلايا الجذور وبواطن الجذع والسوق فلا تحوي جُيَلَات اليخضور.

فجوة خلية بالسَّع الخلوي

### تفحص الخلايا

معظم الخلايا أصغر جدًا من أن يرى بالعين المجردة، لذا يُستخدم البيولوجيون المجاهر لفتحها. فبالجهر الضوئي يمكن تكبير الأشياء بوضوح إلى حوالي ٢٠٠٠ مرة. وتستخدم أصباغ، أو إضاءة خاصة، لأبراز أجزاء الخلية المختلفة. أما المجهر الإلكتروني فيمكنه تكبير الأشياء أكثر من مليون مرة، لكنه لا يُستخدم عادة في تفحص عَيَاش حَيَّة. هذا ويبدو الصورة في مجهر السَّع (النترس) الإلكتروني مُجسَّمة ثلاثية الأبعاد تقريباً.

صورة مجهرية ضوئية للكتيريا المُتَبَّة في اللبن الرائب. وهي مُنارة بضوء أخضر وشكلها ٤٠٠ مرة.

صورة مجهرية بالسَّع الإلكتروني (النترس) للكتيريا المُتَبَّة مُكثِّرة ١٠٠٠ مرة. المجاهر الإلكترونية تُنتج صوراً بالأبيض والأسود، أما الصورة هنا، فقد لُوْثَتْ إصطناعياً بالحاسوب.



تَكْبِير (مُكثِّف) نفوذجي

جزء من تطبيق في قِطْر الخلية

غشاء بلازمي (غشاء الخلية)

هيولى الخلية (السيتوبلازم)

جدار خلوي ثخين خارج الغشاء البلازمي

زوائد سطحية تُحرك الكثرة.

### الخلايا البدائية

خلايا البكتريا والمُتَعَصِّبات الضَّرعية الأخرى لا تحوي نوى ولا مُتَقَدِّرات، وتدعى بُدَائِيَات النوى. أما باقي الخلايا الأخرى، كخلايا النبات والحيوان، فتحتوي نوى، وتدعى سَوَائِيَات أو حَقَائِيَات النوى، وهي أكثر شُيُوعاً.

لزيد من المعلومات انظر
العلماء - كيف وماذا يعملون ص ١٤
الانصار ص ٢٠٤
المتعضيات الوحيدة الخلية ص ٣١٤
الجراثيم (البكتريا) ص ٣١٣
التخليق الضوئي ص ٣٤٠
التنفس الخلوي ص ٣٤٦

صورة مجهرية ضوئية لاليف عضلية مُكثِّرة ١٤٠ مرة. يُمكن لشفاقة النوى المُتَعَدِّدة وكذلك بعض التخلُّط المُعَيَّر للعضلات التي تُشدُّ العظام.

صورة مجهرية إلكترونية ثلاثية الأبعاد للليف عضلي مُفَرَّس، مُكثِّرة ١٩٤٠ مرة. تتألف الليف من لُيَافٍ عُذَاقية عديدة، يُدْبُلُ قُطْرُ النُيَّة منها إلى من الملييمتر.



خليتان حارستان حول ثَغِير نباتي

خلية حيوانية دهنية

خلية حيوانية عصبية

خلايا نباتية غريبالية

خلية حيوانية عضلية

خلية دم حمراء (الحيوان ثنوي)

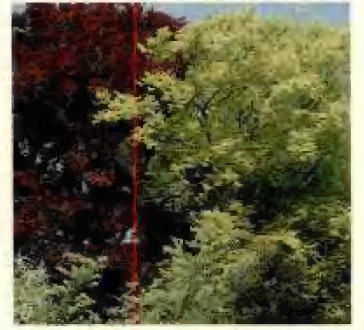
### أشكال مختلفة لوظائف مختلفة

الخلايا المُختلفة المُتَظَمَّة في النبات والحيوان هي خلايا مُتَخَصِّصة للقيام بوظيفة مُحدَّدة. فالخلايا الدهنية تُخزن الدهن كنسيج دهني، أو ليحي الحاجة إلى دهن للطاقة. والخلايا العصبية تُنقل الرسائل من أحد أجزاء الجسم إلى جزء آخر، والخلايا العضلية تُقلص لتحريك أحد أجزاء الجسم. وتُنتقل خلايا الدم الحُمُر الأكسجين في الحيوان، كما تُنقل الخلايا الغريبالية المُغذيات في النبات. وبخلاف معظم الخلايا الأخرى، فهذان النوعان من الخلايا عديمي النواة. وتحتاج الخلايا الحارسة في سطح ورقة النبات وتتحكم بالفتحات لِصَبط السَّع والتنفس، وهي تحوي أيضاً جُيَلَات اليخضور لِاستخدام طاقة الشمس في التخليق الضوئي.

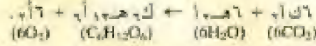


# التَّخْلِيْقُ الضَّوِّيُّ

نحنُ لا يُمكنُنّا تَخْلِيْقُ الغِذاءَ بِمُجَرَّدِ التَّعَرُّضِ لِضَوْءِ الشَّمْسِ كما تفعلُ النباتاتُ. فخلالَ عمليّةِ التَّخْلِيْقِ الضَّوِّيِّ تَسْتِغْنِيهِ النباتاتُ الطَّاقَةَ مِنْ شَعِ الشَّمْسِ لِتَسْتَخْدِمَهَا فِي تَحْوِيلِ المَاءِ وَثَانِي أُكْسِيدِ الكَرْبُونِ إِلَى سُكَّرٍ بَسِيطٍ يُدْعَى الغلوكوز. وهي تَسْتِهْلِكُ قِسْماً مِنْ هَذَا الغلوكوز فِي أنشِطَةِ خَلاياها، وَتُحوِّلُ الباقِي إلى مَوَادٍّ أُخْرَى كَالنَّشَاءِ وَالسَّيْلُولُوزِ. وَالنباتاتُ لَيْسَتْ الكائناتُ الحيّةُ الوحيدةُ التي تقومُ بِعمليّةِ التَّخْلِيْقِ الضَّوِّيِّ، فَبَعْضُ الأواليِ وَبُذائِياتِ الثَّوَى (المُؤَنِيْرَا) تُخَلِّقُ الغِذاءَ بِهذهِ الطَّرِيقَةِ أَيْضاً.



في عمليّةِ التَّخْلِيْقِ الضَّوِّيِّ تُفاعِلُ الأوراقُ المَاءَ وَثَانِي أُكْسِيدِ الكَرْبُونِ وَتُنتِجُ الغلوكوزَ والأكْسِيجِنَ. حسبَ المعادلةِ الكِيميائيّةِ التَّالِيَةِ:



## لماذا أوراقُ الثَّبابِ في مُعْظَمِها خَضراءُ؟

يَتألَّفُ ضَوْءُ الشَّمْسِ مِنْ أَوْدِيٍّ مُتَعَدِّدَةٍ. وَغالبُيةُ النباتاتِ تَحوي خَضراً خَضِراً، يُدْعَى اليَخْضُورَ (الكلوروفيل)، يَعْكِسُ الجُزْءَ الأَخْضَرَ مِنَ الضَّوْءِ، فَتراها خَضراءَ. وَيَتَمَثَّلُ اليَخْضُورُ الجُزْأَيْنِ الأَرْقِ وَالْأَحْمَرِ وَتَسْتَحْبِبُهُمَا فِي عمليّةِ التَّخْلِيْقِ الضَّوِّيِّ. وَهناكُ نباتاتٌ، كَالزَّيْتُونِ الشَّجَرِ أَوْ الأَرْجَوْنِ المُرُونِ المُتَبَيّنِ فِي الخَرَجَةِ أعْلاهُ، وَكالأعْشابِ البَحْرِيَّةِ الحُمْراءِ وَالبَيْتِيَّةِ، تُسْتَخْدَمُ بِالإِضَافَةِ إِلَى اليَخْضُورِ، خَضَراً أُخْرَى تَمْتَصُّ الوَاقَا أُخْرَى مِنَ الضَّوْءِ فَلَا تُبْدُو خَضراءَ.

## كِيمياءُ التَّخْلِيْقِ الضَّوِّيِّ

تُتِمُّ عمليّةُ التَّخْلِيْقِ الضَّوِّيِّ فِي الأوراقِ حَيْثُ يَحوي العَدِيدُ مِنْ خَلاياها عُضَيَّاتٍ دَقِيقَةً تُدْعَى جُيَلَاتٍ اليَخْضُورِ. يَحْتَسِبُ اليَخْضُورُ وَالخُضْبُ الأُخْرَى، فِي الجُيَلَاتِ، طَاقَةَ شَعِ الشَّمْسِ لِتَسْخِرَها فِي إِمْتِامِ سِلْسِلَةٍ مُعَقَّدَةٍ مِنَ التَّفاعِلاتِ الكِيميائيّةِ. فِي هذهِ التَّفاعِلاتِ تَتَحَلَّلُ جُزْأِيَّاتُ المَاءِ إِلَى ذَرَّاتٍ مِنَ الهَيْدُرُوجِينِ وَالْأَكْسِيجِينِ؛ فَتُجَدُّ ذَرَّاتُ الهَيْدُرُوجِينِ بِجُزْأِيَّاتِ ثَانِي أُكْسِيدِ الكَرْبُونِ لِتُنتِجَ الغلوكوزَ، وَيُطْلَقُ الأكْسِيجِنُ حُرّاً كَناتِجٍ ثانَوِيٍّ.



## جُيَلَاتُ اليَخْضُورِ

تُضَمُّ مُعْظَمُ الخَلايا دَاجِلُ الوَرَقَةِ عُشْرَاتٍ مِنْ جُيَلَاتِ اليَخْضُورِ - تَتألَّفُ وَاجِدَتُها مِنْ كُتْمَةِ أَقْراصٍ دَقِيقَةٍ. وَيَحوي سَطْحُ كُلِّ قُرْصٍ يَخْضُوراً وَخُضْباً أُخْرَى نَحْبِسُ الطَّاقَةَ مِنْ ضَوْءِ الشَّمْسِ.



يَتَنَثَّرُ اليَخْضُورُ عَلَى سَطْحِ الأَقْراصِ.

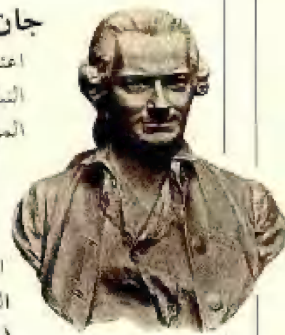
## أوراقُ الخَرِيفِ

فِي الخَرِيفِ، يَتَحَلَّلُ اليَخْضُورُ فِي أَوْرَاقِ الكَثِمِ مِنَ الشَّجَرِ (نَسْمِها المَيعِلَة) فَتُتَلَوَّنُ حَبِيبَةُ بَائٍ خُضْبٍ أُخْرَى بَاقِيَةٍ فِيها كَالخُضْبِ الجُزْأِيَّةِ التي تَجْعَلُ الجُزْأَ بَرْتَقَالِيّاً، أَوْ الأَسْوَاسِيَّةِ، التي تَجْعَلُ بَعْضَ النِّجَاحِ أَحْمَرَ.



## جان إنجِنهَوْرُ

اعْتَفَدَ النَّاسُ سَالِفاً أَنَّ ضَوْءَ النُّجُومِ يَتِمُّ بِأَمْتِصَاصِ المَوَادِّ مِنَ التُّرْتِيَةِ فَقَط. ثُمَّ تَبَيَّنَ فِي القَرْنِ الثَّامِنِ عَشَرَ أَنَّها تُحْتَاجُ إِلَى الهَوَاءِ أَيْضاً. فَقَدْ اكْتَشَفَ العَالِمُ الهُولَنْدِيُّ، جَانِ إنجِنهَوْرُ (١٧٣٠-١٧٩٩)، أَنَّ



النباتات، فِي نَوْرِ الشَّمْسِ، تَأْخُذُ ثَانِي أُكْسِيدِ الكَرْبُونِ مِنَ الهَوَاءِ وَتَلْفِظُ الأكْسِيجِنَ. كَمَا وَجَدَ أَنَّ مَسَارَ هَذَيْنِ العَازِئَيْنِ يَتَعَكَّسُ فِي الظُّلْمَةِ (نَتِيجَةُ لِعَمَلِيَّةِ التَّنَفُّسِ المُسْتَمْرِرَةِ).

## لِزْيَدٍ مِنَ المَعلُومَاتِ الخَطَرِ

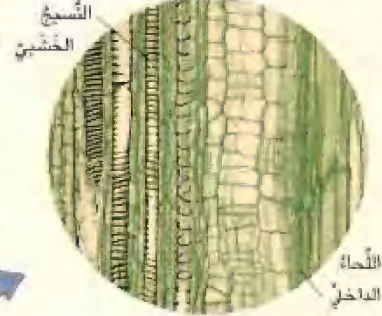
تُوصِفَتِ التَّفاعِلاتُ مِنْ ص ٥٣  
الضَّوْءُ مِنْ ص ١٩٠  
الأَلْوَانُ مِنْ ص ٢٠٢  
النَّهْمُ مِنْ ص ٣٤٥  
التَّنَفُّسُ الخَلَوِيّ مِنْ ص ٣٤٦  
النُّمُو وَمَراجِلُهُ مِنْ ص ٣٦٢



# نظام النقل في النبات

إذا أغفلت تزويد نبتة منزلية بالماء، فإنها تذبل وتموت. ويحدث ذلك لأن النباتات تحتاج إلى الماء لتعيش. يسري الماء صعداً عبر جذور النبتة وسوقها وأغصانها، ويتحرك في الهواء بالتسح من أوراقها وأزهارها. وتعمل هذه الحركة على إبقاء خلايا النبتة ممتلئة، كما تحمل إلى كل المواد الغذائية المذابة من التربة. وفي النبات نظام نقل آخر يدعى "انتقال التسح الكامل" يعمل عادة في الاتجاه المعاكس، حاملاً المواد الغذائية من الأوراق إلى البراعم والعسلج والجذور.

يتحرك الماء من الورقة عبر شلح دقيقة تدعى ثغرات، لتنتشر بخافصة على سطحها السفلي.

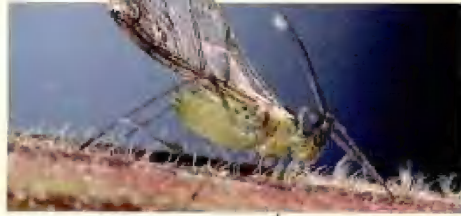


## نظام نقل في اتجاهين

ينتقل الماء صعداً في النبتة عبر خلايا التسح الخشبي الأسطوانية الشكل والمتصلة طرفاً بطرف. وعندما تموت تلك الخلايا تحلّت وراءها أوعية أبوية دقيقة ملأى بالتسح الناقص تنفذ من الجذور صعداً إلى كل ورقة. أما المواد الغذائية المذابة (التسح الكامل) فتنتقل عبر نظام من الأوعية الأبوية المختلفة تؤلفها خلايا اللحاء الداخلي.

## التسح

تفقد الشجرة الضخمة يومياً قرابة ألف لتر من الماء عبر أوراقها بالتبخّر، فما الذي يدفع الماء صعداً لتعويض ذلك؟ الواقع أن الماء الصاعد يدفع ويجذب. فالجذور غالباً تدفع الماء صعداً إلى مدى قليل بما يدعى ضغط الجذور، كما إن الماء المتبخّر من الأوراق يجذب مزيداً من الماء ليحلّ محله. ويحدث هذا في بعضه، لأن جزيئات الماء يجذب بعضها بعضاً، وفي بعضه الآخر بالضغط التناضحي (الأزموزي).

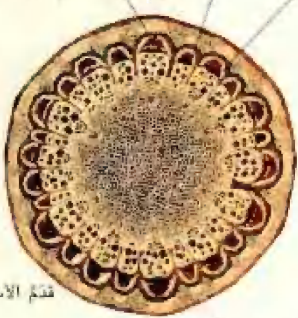


المواد الغذائية المصنعة بالتخليق الضوئي (التسح الكامل) تنتقل من الأوراق ذوّلاً إلى أجزاء النبتة غير خلايا اللحاء الداخلي.

الشعير الخشبي ينقل الماء ومذاباته (التسح الناقص) اللحاء الداخلي ينقل الفناء (التسح الكامل) حرمة وعائية

## الاغذاء بالتسح

المائع الشجري في خلايا اللحاء (الدائلي) يؤمّر غذاء غني بالطاقة للخشبات ماضية التسح. فالأوراق (خشبات النور) تنفث السويق وخلايا اللحاء الداخلي بأجزاء أطوارها الحاذقة، ثم تجرس النور التسحي. وأحياناً تجرس الأوراق من المادة الشجرية أكثر مما يمكنها مضغه، فتبره قطرات لرجة تدعى غسل الأزق.



## أنابيب النقل

خلايا التسح الخشبي واللحاء الداخلي تتصام معاً في مجموعات تدعى الحزم الوعائية - يكون التسح الخشبي من الداخل واللحاء من الخارج. وغالباً ما تكون خلايا التسح مفضاة مما يقي الأنابيب مفتوحة لانتقال السوائل صعداً بسهولة.

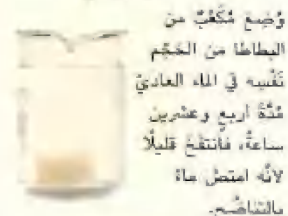
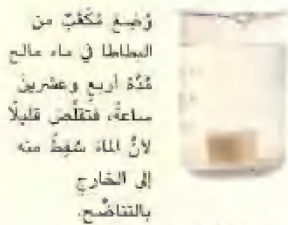
## الإذماغ (التضخ)

أحياناً في النباتات الخفيفة (اللاطنة)، يضخ الماء صعداً من الجذور بسرعة تفوق سرعة تنجده من الأوراق. فتتكون نتيجة لذلك قطرات ماء حول أطراف الورقة لأن الماء لم يتحرك بسرعة كافية. ويُعرف هذا بالتضخ أو الإذماغ «البات» ويتحدث الإذماغ غالباً بعد الغتمة شرط أن يكون الهواء ساكناً ورطباً.

لمزيد من المعلومات انظر
النظرية الحركية ص ٥٠
الألوان ص ٢٠٢
الثانات الزهرية ص ٣١٨
الخلايا ص ٣٣٨
التخليق الضوئي ص ٣٤٠
التكاثر الألاجسي ص ٣٦٦

## التناضح

إذا وضعت غشقرن بطاطا مقشوراً في ماء مالح جداً، فستسقط الماء من خلايا البطاطا إلى الخارج. أما إذا وضعت في الماء العادي، فخلايا البطاطا هي التي تنتفض الماء حيثل. إن سريان الماء إلى الخلايا أو منها يدعى التناضح. وفي عملية التناضح يسري الماء عبر غشاء نصف منفذ من الجانب الذي يحوي نسبة أعلى من جزيئات الماء إلى الجانب الذي يحوي نسبة أخفض من جزيئات الماء (وبالتالي قوّة مذابة أكثر).



## مُشاهدة التسح

يمكنك معاينة التسح عملياً بوضع ضلع ثوري من الكرّفس في إناء لّون ماءً بصبغ طبيعي أحمر. فمع تجر الماء من الأوراق يصعد الماء في الضلع حاملاً الصبغ معه. وهذا دليل ين على أن الماء ينقل عبر أنابيب دقيقة هي خلايا التسح الخشبي.



## التَغذية

كُلُّ كائِنٍ حَيٍّ يَحْتَاجُ إِلَى الْمُغَذِّياتِ (الموادَّ الأوليّة) لِيَعِيشَ. وَالتَّغذية هِيَ وَسِيلَةُ الحُصُولِ عَلَى تِلْكَ الموادَّ وَاسْتِخْدَامِهَا كَمَا يَنْبَغِي. وَالإنسانُ، كسائرِ الحيواناتِ الأخرى، غَيْرِيّ الإغْتِذاء، إِذْ يَحْصُلُ عَلَى الْمُغَذِّياتِ بِتَنَاوُلِ الأَطْعَمَةِ المُعْضَوِيَّةِ مُرَكَّبَةٍ. وَتَحْوِي الأَطْعَمَةُ المُخْتَلِفَةُ ثَلَاثَةَ أَنْوَاعٍ رَئِيسِيَّةٍ مِنَ الْمُغَذِّياتِ هِيَ البروتيناتِ وَالدُّهُونَ وَالكربوهيدرات. فالبروتيناتُ تُبْنِي أَجْسامَنَا وَتُرَمِّمُ مَا يَتَلَفُ مِنْ أَنْسِجَتِهَا، أَمَّا الدُّهُونُ وَالكربوهيدراتُ فَتُستَخدَمُ أساساً لِتَوْفِيرِ الطَّاقَةِ. كَذَلِكَ نَحْتَاجُ إِلَى مُغَذِّياتٍ أُخْرَى، لَكِنْ بِمَقَادِيرٍ أَقَلٍّ، كَالْمعادِنِ الَّتِي تُبْنِي جُزْئِيَّاتٍ مُهِمَّةً فِي الجِسْمِ، وَالفيتاميناتِ الَّتِي تَحْفِزُ تَفَاعُلَاتٍ كيميائيَّةً مُعَيَّنَةً. أَمَّا الثِّبَاتُ فَمُخْتَلِفَةٌ طَرِيقَةُ العِيشِ تَمَامًا، فَهِيَ ذَاتِيَّةُ الإغْتِذاء تَقُومُ بِتَصْنِيعِ غِذَائِهَا بِنَفْسِهَا، وَلا تَحْتَاجُ فِي ذَلِكَ إِلَّا إِلَى مُغَذِّياتٍ بَسِيطَةٍ كَثَانِي أَكْسِيدِ الكربونِ مِنَ الهَوَاءِ، وَالماءِ وَالأَمْلاحِ المَعْدِنِيَّةِ مِنَ التُّرْبَةِ.



### الغذاء المُتَوَازِن

التَّغذية الجَيِّدَةُ تُعْنِي تَنَاوُلَ الغِذاءِ الصَّحِيحِ بِالنَّسَبِ الصَّحِيحَةِ. فِي الطَّبَقِ أَعْلَاهُ، وَجِبَتْ تَشْمَلُ أَصْنَافَ أَطْعَمَةٍ مُخْتَلِفَةٍ تُوفِّرُ تَوَازُنًا مِنَ البروتيناتِ وَالدُّهُونِ وَالكربوهيدرات، كَمَا تَحْوِي مَدَى شَامِلًا مِنَ المعادِنِ وَالفيتامينات. إِنَّهُ مِنَ الشَّهْمِ جَدًّا تَنَاوُلُ تَشْكِيلَةٍ شَامِلَةٍ مِنَ الأَطْعَمَةِ، يَدُلُّ الأَطْعَمَةُ "الخفيفة" كَالْمُفْلُواتِ القَرِشَةِ، الَّتِي تُوفِّرُ غَالِيًا الدُّهُونَ وَالكربوهيدراتِ دُونَ بَيَواها.

الطُّيُورُ الطَّنَانَةُ تُوفِّرُ  
طَاقَةَ النُّحُومِ  
وَالاستِقْدارَ أَمَامَ  
الزَّهَارِ مِنَ الرُّحْبِ  
المِغْذِيَةِ الغَنِيِّ  
بِالسُّكَّرَاتِ. لَكِنْ  
الرَّحِيقُ فَقِيرٌ  
بِالبروتينِ، إِذَا تُغْزِزَ  
الطَّنَانُ بِالْتِهَامِ بَعْضَ  
الحَشَرَاتِ أَيْضًا.



بِنَقَارِ الطَّنَانِ  
خَوِيلٌ أُنُوبِيّ الشَّكْلِ  
تَقْفِضَةُ الشَّرْبِ.

### النَّظَامُ الغِذَائِي

النَّظَامُ الغِذَائِي، بِالنَّسَبِ لِلْعَالَمِ،

لَا عَلاقَةَ لَهُ بِالْجَنِيَّةِ وَتَخْفِيفِ الوُزْنِ، بَلْ هُوَ مُجْمَلٌ مَا

يَتَنَاوَلُهُ الحيوانُ مِنَ الطَّعَامِ. بَعْضُ الحيواناتِ

تَتَنَزَّعُ الطَّعَامَ، وَبَعْضُهُ أَتَقْنِي مُتَخَصِّصٌ. فَالطَّنَانُ البَالِغُ،

مَثَلًا، يَتَنَاوَلُ أساساً بِجَمْعٍ (رَحِيق) الزَّهَرِ، وَهُوَ سَائِلٌ سَكَّرِيٌّ غَنِيٌّ  
بِالكربوهيدراتِ وَمُضْدَرٌّ جَدًّا لِلطَّاقَةِ.

### العاشبات

ضُروبٌ كَثِيرَةٌ مِنَ الحيوانِ، مِنَ الأَسْباعِ حَتَّى القِطَلِ، تَغْتَاثُ بِالْأَغْذِيَةِ النَبَاتِيَّةِ فَقَطْ، وَتَعْرِفُ

بِالعاشباتِ. لَكِنْ هَذَا الطَّعَامُ يَتَقَبَّلُ غَالِبًا إِلَى الْمُغَذِّياتِ. لِذَا تَقْضِي العاشباتُ نِسْجًا كَثِيرًا مِنْ

حَيَاتِهَا فِي الأَكْلِ لِلْحُصُولِ عَلَى كِفَايَتِهَا مِنَ الطَّاقَةِ وَالمُغَذِّياتِ. بَعْضُ العاشباتِ، كَالجَمَتِ،

يَحْوِي جِهَازَها الهَضْمِيَّ نَوْعًا مِنَ البِكْتِريَا يُسَاعِدُها فِي

تَحْلِيلِ الطَّعَامِ لِاسْتِخْلَاصِ المُغَذِّياتِ مِنْهُ.



شَوْفَةُ (أَسْرُوع)  
الْفَرَّاشَةِ المَفْرُوقَةِ الذَّيْلِ  
(بَابِيلِيو مَكاوَن) تَكَاثُرُ  
لَا تَتَوَلَّفُ مِنَ الأَكْلِ مَا  
دَامَتْ بِقِطَّة.

### سُوءُ التَّغذية

إِذَا فَقِدَ غِذاءُ الحيوانِ نَوْعًا مُعَيَّنًا مِنْ  
المُغَذِّياتِ تَنَحَرَفَ صِخْرُهُ لِسُوءِ التَّغذية،  
وَقَدْ يُعَانِي مِنْ "دَاءِ العُوزِ". فِي بَعْضِ  
أَقْطَارِ الْعَالَمِ، يُعَانِي الأَطْفَالُ مِنَ  
الْكَوَاشَرِكُورِ السَّغْلِيِّ، وَهُوَ عُوزٌ (دَاءُ  
عُوزِي) سَبَبُهُ نَقْصُ البروتيناتِ. وَالنَّبَاتَاتُ  
أَيْضًا تَسُوءُ حَالُهَا إِذَا افْتَقَرَتِ التُّرْبَةُ إِلَى  
بَعْضِ المعادِنِ المُهِمَّةِ. أَوْرَاقُ الكَرَوِ  
المُتَبَيِّئَةِ أَعْلَاهُ، تُعَانِي مِنَ عُوزِ المَغْنِيسِيومِ.

### اللاجِمَات

شَمَكَةُ الكَرَاكِي مِنَ اللُّوْاجِمِ - الَّتِي تَقْتَلِي بِالحيواناتِ الأخرى.

فَطْعَامُها غَنِيٌّ بِالمُغَذِّياتِ، لِذَلِكَ تَكْفِيهاا الوُجِيَّةُ الواحِدَةُ مِائَةً وَفَتْةً

طَوِيلًا. لَكِنْ هَذَا النُّوْجُ مِنَ الطَّعَامِ لَيْسَ سَقْلَ المَائي، فَتَبْدُلُ

الشَمَكَةُ غَالِيًا، كَمَا سَائِرُ اللُّوْاجِمِ، طَاقَةً وَجَهْدًا وَفَتْةً طَوِيلًا

لِإِجَادَةِ الوُجِيَّةِ مِنَ الطَّعَامِ وَاقْتِباسِها.

### القَوَارِثُ

الزَّواكِنُ وَالدُّبُّ وَالإنسانُ مِنْ

القَوَارِثِ الَّتِي تُعْتَدِي بِالْأَطْعَمَةِ

النَّبَاتِيَّةِ وَالحَيَوَانِيَّةِ. وَالقَوَارِثُ لَيْسَتْ

مُتَشَدِّدَةً فِي اتِّقَاءِ طَعَامِها - لِذَا يَسْتَرُ لها

عَادَةً إِيجَادُ مَا تَأْكُلُهُ. وَبِطَاقَةِ الزَّواكِنِ

بِخَاصَّةِ الْإِقْتِيَادِ بِفَضْلَاتِ أَطْعَمَةِ الإنسانِ.



### لِمَزيدٍ مِنَ المَعْلُومَاتِ انْظُرْ

كِيْمِاءُ الأَغْذِيَةِ ص ٧٨

التَّفْصِيْلَاتُ ص ٣٢٢

الْأَسْمَاكُ ص ٣٢٦

الْإِغْتِذاءُ ص ٣٤٣

الْأَشْجَانُ وَالفُكَّانُ ص ٣٤٤

الهَضْمُ ص ٣٤٥

السَّلايِلُ وَالشِّبَكَاتُ الغِذَائِيَّةُ ص ٣٧٧

خَفَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤٢٢



## الاغْتِذاء

في العُصُور العَابِرة، كان الناسُ يَحْصُلُونَ على قُوَّتهم بِجَمْعِ البُزُورِ والشَّمَارِ وَصَيْدِ الحَيَوَانَاتِ. أمَّا اليَوْمُ فَسُعْطُمُ طَعَامِنَا يُنْتَجُ في المَزَارِعِ على اِخْتِلَافِهَا؛ وَبَدَلُ أَنْ نَجْمَعَهُ بَأَنْفُسِنَا، يَقُومُ أَهْلُ الحَضَرِ وَسُكَّانُ المُدُنِ مِنَّا بِشِرَائِهِ مِنَ الحَوَانِيتِ. غَيْرَ أَنَّ ذَلِكَ مُخْتَلِفٌ جَدًّا في العَالَمِ الطَبِيعِيِّ؛ فَالْحَيَوَانَاتُ البرِّيَّةُ تَقْضِي قِسْمًا كَبِيرًا مِنْ وَقْتِهَا في الاِغْتِذاءِ أَوْ في طَلَبِهِ سَالِكَةً سَبِيلًا تَعْتَمِدُ على نَوْعِ الطَّعَامِ الَّذِي تَأْكُلُهُ. فَالعَاشِبَاتُ (أَكَلَاتُ النَّبَتِ) عَمُومًا لَا تَبْحَثُ بَعِيدًا عَنِ طَعَامِهَا، لِأَنَّ النَبَاتَاتِ مُسْتَقَرَّةٌ في مَوَاقِعِهَا لَا تَفَارِقُهَا. أمَّا اللَّاحِمَاتُ (أَكَلَاتُ اللَّحْمِ) فَعَلِيهَا نَعْتَبُ فَرَاتِسِهَا وَقَتْنِصِهَا؛ لَكِنَّ بَعْضَ الحَيَوَانَاتِ، كَالْبَرِّيْنِ قَلِ وَشَقِيْقِ البَحْرِ، يَقِيعُ في مَكَانٍ وَاحِدٍ وَيَسْتَظُنُّ اقْتِرَابَ الغِذاءِ مِنْهُ.



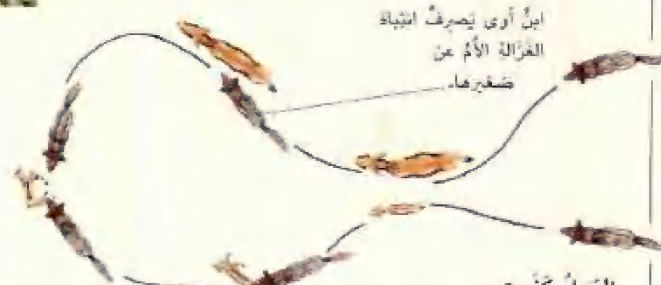
### الأمان مع القطيع

تَعْتَدِي الغِزَالَانُ بالأعْشَابِ في شُهُورِ إِفْرِيقِيَّةِ الشَّامِ المَكشُوفَةِ أمامَ أَعْدَانِهَا الكَثَرِ - حَيْثُ سَيْلُهَا الدَّفَاعِي الوَحِيدُ هُوَ سُرْعَةُ العَدْوِ هَرَبًا. لَدَا نَجْدِ الغِزَالَانِ أَمَانًا أَفْضَلَ بِالْعَيْشِ قُطْعَانًا. فَبَيْنَمَا بَعْضُهَا يَرعى العُشْبَ، يَقُومُ البَعْضُ الأُخَرُ بِالمُراقَبَةِ الحَظِيَّةِ نَحْثًا لِأَيِّ خَطَرٍ دَاهِمٍ.



### المُفْتَرِسُ والفَرِيسَةُ

الرِّبَابَةُ القَرْمَزِيَّةُ هِيَ إِحْدَى أصْغَرِ المَبْنُونَاتِ المُفْتَرِسَةِ حَجْمًا إِذْ لَا يَزِيدُ طَوْلُهَا، مِنَ الرَّأْسِ إِلَى طَرَفِ الذِّلْبِ، على ٧,٥ سم وَلَا يَزِيدُ وَزْنُهَا على ثَقُلِ مُكْعَبٍ مِنَ الشُّكْرِ، وَرُغْمَ حَجْمِهَا الضَّئِيلِ، فَهِيَ ضَارِيَةٌ شَرِسَةٌ شَرِيعَةٌ تَقْبِضُ الخُرْطُونَ (دُودَةُ الأَرْضِ) بِأَسْنَانِهَا الحَادَّةِ وَتَبْدَأُ الاِغْتِذاءَ بِهَا على الفورِ. وَتَسْتَهْلِكُ الرِّبَابَةُ يَوْمِيًّا كَمِيَّةً طَعَامٍ تُقَارِبُ وَزْنَهَا كَحُضُورَةِ حَيَاتِيَّةِ. أمَّا الضُّوَارِي المَبْنُونَةُ الأَكْبَرُ، فَتَأْكُلُ كَمِيَّاتٍ أَقْلَى نِسْبِيًّا، لِأَنَّ أَجْسَادَهَا تَسْتَهْلِكُ الطَّاقَةَ بِمُعَدَّتِي أَطْعَامٍ كَثِيرًا.



### العَمَلُ كَفَرِيْقٍ

تَعْتَمِدُ بَعْضُ الضُّوَارِي فَرَاتِسَهَا بِالعَمَلِ جَمَاعَةً كَفَرِيْقٍ. هُنَا أَحَدُ ثَبَاتِ أَوَى يَهَاجِمُ الغِزَالََةَ الأمَّ، رُغْمَ أَنَّهُ لَا يَقْوَى عَلَيْهَا، لِيَصْرِفَ انْتِبَاهَهَا عَنْ صَغِيرِهَا - فِي حِينٍ يَنْقُضُ ابْنُ أَوَى الأُخَرُ على الصَّغِيرِ وَيَقْبِضُهُ. وَهَكَذَا يَنْجَحَانِ مَعًا في الحِصُولِ على وَجِيْعَةٍ مَا كَانَ يَسْتَطِيعُ وَاحِدُهُمَا الحِصُولَ عَلَيْهَا بِمُفْرَدٍ.

### الاغْتِذاءُ الارْتِشَاحِي

هَذِهِ الدُّودَةُ المَرْوَسِيَّةُ (بِرُوتِيولا إِنْشِيْتِيوم) تَعْتَاشُ بِارْتِشَاحِ الجُسَيْمَاتِ الغِذَائِيَّةِ الدَّقِيقَةِ مِنَ المَاءِ. فَمَرَاوِشُهَا خَلَقَاتٌ مِنَ اللُّوَامِسِ تَحْبِسُ جُسَيْمَاتِ الطَّعَامِ؛ فَتَذَلُّعُهَا لُغِيَّاتٌ دَقِيقَةٌ نَحْوَ قَمِ الدُّودَةِ. هُنَاكَ حَيَوَانَاتٌ مُخْتَلِفَةٌ كَثِيرَةٌ تَعْتَاشُ بِارْتِشَاحِ الغِذَاءِ، تَشْتَلُّ الرُّخَوِيَّاتِ، كَالْفَحَّارِ وَبَلَحِ التَّخَرِ وَالإِسْفَنْجِيَّاتِ وَالجُبَّارَاتِ الكَبِيرَةِ. وَتَقْضِي الحَيَوَانَاتُ الصَّغِيرَةُ الارْتِشَاحِيَّةُ الاِغْتِذاءَ عَادَةً حَيَاتِهَا اليَالِغَةَ في مَكَانٍ وَاحِدٍ. أمَّا أَكْبَرُ الحَيَوَانَاتِ الارْتِشَاحِيَّةِ التَّغَذِّيَةِ فَهِيَ الجُبَّانُ الَّتِي تُؤْتَلِخُ عِذَاتِهَا أَثْنَاءَ الشَّيَاحَةِ.



### الاغْتِذاءُ بِقُضَلَاتِ الطَّعَامِ

عِدَّةٌ مِنَ القُطَرِ المُخْتَلِفَةِ تَعْتَدِي بِالمَوَادِّ الغِذَائِيَّةِ في هَذِهِ القُطْعَةِ مِنَ الخُبْزِ. وَهِيَ طَبْعًا لَا تَتَلَعُ قُطْعَةَ الخُبْزِ كَامِلَةً، بَلْ تَسْتَعْمِلُ مِنْهَا الكِيمَاوِيَّاتِ الغِذَائِيَّةِ بِوَاسِطَةِ كُنْثَلَةٍ مِنَ الخَيْطَانِ الدَّقِيقَةِ. وَهَذِهِ القُطَرُ، كَمَا الْبِكْتَرِيَا، مُهِمَّةٌ جَدًّا لِأَنَّهَا تَعْمَلُ على تَفْكِيكِ وَانْجِلَالِ بَقَايَا المُتَغَضِّياتِ الحَيَّةِ بَعْدَ مَوْتِهَا، وَلِذَلِكَ تُسَمَّى رَمَامَاتٍ. وَهُنَاكَ قُطَرٌ أُخَرَى تَعْتَاشُ وَتَنْمُو على المُتَغَضِّياتِ الحَيَّةِ، وَتُسَمَّى قُطَرِيَّاتٍ.



### شَبْكَةُ نَحْتِ مَائِيَّةٍ

نَعِيشُ بَرَقَانَاتِ الكَادِيسِ (الدَّيَّابَةِ الشَّعْرِيَّةِ الجَنَاحِيْنَ) في المَحَارِيِ النَهْرِيَّةِ حَيْثُ يَرْتَحِفُ مُعْظَمُهَا بِحَثًا عَنِ الغِذَاءِ. لَكِنَّ بَعْضًا مِنْهَا يَخْتَدِي بِأَسْلُوبٍ مُخْتَلِفٍ، فَتَقْبِضُ الرِّفَاقَةَ شَبْكَةً حَرِيرِيَّةً تَلْبَسُ فِي فِي عُنُقِهَا بِانْتِظَارِ الحَيَوَانَاتِ الصَّغِيرَةِ الَّتِي تَسُوقُهَا المِيَاءُ إِلَى الشَّبْكَةِ فَتَأْكُلُهَا.



### لِمَزيدٍ مِنَ المَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- كِيمِيَاءُ الأَغْذِيَةِ ص ٧٨
- القُطَرِيَّاتُ ص ٣١٥
- قُنَادِيلُ البَحْرِ وَالشَّقَائِقُ البَحْرِيَّةُ وَالفَرَجَانِيَّاتُ ص ٣٢٠
- الرُّخَوِيَّاتُ ص ٣٢٤
- السُّبُونَاتُ ص ٣٣٤
- الْأَسْنَانُ وَالفَحَّارُ ص ٣٤٤
- الشُّعُورُ وَمَرَاوِشُهُ ص ٣٦٢
- السَّلَاسِلُ وَالشَّبَكَاتُ الغِذَائِيَّةُ ص ٣٧٧
- حَقَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤٢٢



# الأسنان والفكان

أصلد جزء في جسم الإنسان هو سطوح تيجان الأسنان المكونة من المينا، وهي تحمي الأسنان من التأكل، وتمنع كيمويات الطعام من تآكلها. والأسنان معينة للهضم تقطع الطعام وتطحنه ليتمكن هضمه بسهولة. اللبونات في معظمها ذات أسنان مخصصة طبيعة وشكلاً للقيام بوظائف مختلفة - فبعضها يقطع ويمزق، والبعض الآخر يقبض أو يطحن. أسنان الإنسان تنمو في مجموعتي أسنان، أسنان اللبن والأسنان الدائمة؛ وهي في كلتا الحالتين تتوقف عن النمو بعدما تظهر - بخلاف أسنان القوارض الإزميلية الشكل التي لا يتوقف نموها.



الأسنان القارضة

قواطع الكويبر، وهو قارض مائي، إزميلية الشكل دائمة النمو. وكل قاطعة منها تغلبها المينا من واجبتها الأمامية فقط، فيأكل جانبها الخلفي بسرعة أكثر تاركاً الحافة الأمامية حادة دوماً.



أسنان العاشبات

الكويبر عاشب نموذجي - يأكل النبات فقط. قواطع الطويلة تقطع شوك النبات العاشبة. وأضراسه تطحنها وتفصل بين هاتين المجموعتين من الأسنان قوة فكية.

## أسنان الإنسان

الإنسان من القوارض - التي تقتات بالنبات واللحم. فنحن نستخدم أسناننا الأمامية (القواطع) في قضم الطعام، وأنيابنا الصغيرة في قبضه، وأضراسنا (القواحين) في طحنه وغرسه. وتشد الفك المتحرك (السفلي) صمداً وجانبياً عضلات قوية تربطه ببعضتي الوجنتين والضغتين. ويمكنك أثناء المضغ تحسّن التوتر في هذه العضلات.

تتغير الأسنان بتوافقي في استساخ فكية خاصة.

## الأسنان البسيطة

ليست كل أسنان الحيوانات متخصصة كأسنان اللبونات. فأشنان الزواحف، كهذا النمساح، تتألف وتذية الشكل، لا يمكنها مضغ الطعام. فهي تلجأ إلى قضم طعامها تحت جسم ضلبي قشرتها، وتبتلع شققاً.



## عديمات الأسنان

كثير من الحيوانات مجهزة بأجزاء قنوية صلبة بدل الأسنان. فبقاعة الشرمان (الرغاش) هذه تحققت فريستها "بقنعة" شتفصيلي خاص. يتلفظ لقنص الحيوانات العابرة. وللكتير من الحشرات العاشبة (كالحناوب) خنجرية معدية تقضم الطعام بعد بلعه.



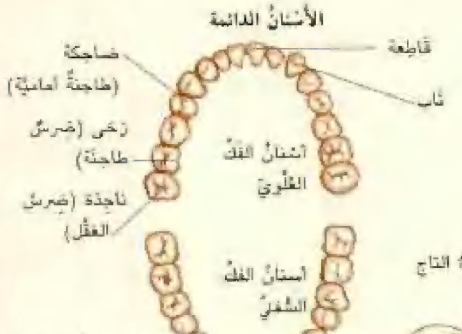
## نقطيع الطعام

يستطيع الكلب بعضلات فكية قوية فضضة العظام بأسانه. وهو حين يأكل يتحرك فكه السفلي شموذاً ونزولاً كالمنقبس. في العاشبات، يتحرك الفك السفلي من جانب إلى آخر، كما صغوداً ونزولاً.



## أسنان اللواجم

الكلب لاجم نموذجي - يقتات باللحم غالباً. له في مقدم فكه أنياب طويلة تقبض الطعام، تليها نحو مؤخرة الفم أضراس حادة مازقة تشل اللحم ليتمكن أبتلاعه.



## الإنسان البري

تجموعة الأسنان الأولى في الإنسان (الزواضع أو أسنان الحليب) تضم ثمانين قواطع وأربع أنياب وثمانين طواحين. أما المجموعة الثانية، المعروفة بالأسنان الدائمة، فتتبعها ٣٢ شيئاً عند معظم الناس؛ والثواجد (أضراس العقل) آخر ما يظهر منها، وهي قد لا تظهر مطلقاً عند بعضهم. ملاحظاً يثبت الجذر في الفك. عظم الفك.

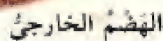


## باطن السن

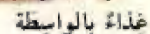
الجزء الظاهر من السن، يقارب نصفه حجتاً وتذعي التاج. وسطح السن مغطى بالمينا فوق طبقة من العاج الصلب. وبدلاً قلب السن لب طري خي وأوعية دموية وعضب. وتوضع الأسنان في عظم الفك لجذور طويلة وإسنتت خاص.

لمزيد من المعلومات انظر
المفصليات ص ٣٢٢
الزواحف ص ٣٣٠
اللبونات ص ٣٣٤
الاعتداء ص ٣٤٣
الهضم ص ٣٤٥
الهياكل الدائمة ص ٣٥٢





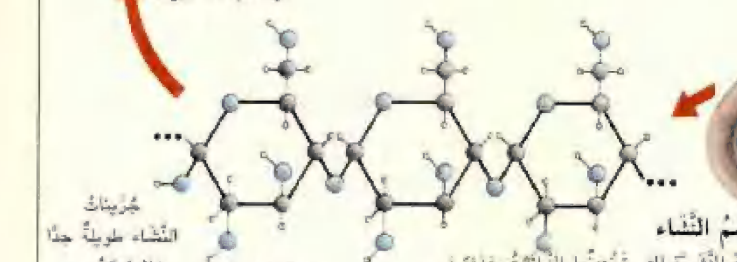
في عملية الهضم، تتحلل المواد المعقدة التي تؤلف الطعام (من كربوهيدرات وبروتينات ودهون) إلى مركبات أبسط يمكن للجسم امتصاصها. ويبدأ الهضم حالما يبدأ بمضغه. وخلال مرور الطعام في المعدة ثم في المعى الدقيق، تعمل أنزيمات (بروتينات خاصة) مختلفة على هضم الكربوهيدرات والبروتينات والدهون. وتنتج منتجات الهضم عبر جدار المعى؛ وكل ما لا يهضم يتابع مساره في القناة الهضمية إلى خارج الجسم. إن عملية الهضم هي أولى الخطوات للحصول على الطاقة من الطعام.



لا تستطيع الأرض عضم سايوروز الّيات بنّسها،  
لذا تلجأ إلى فطر يهضمها لها. فتُكسّر قطعاً من  
ورق الّيات تحت الأرض وتضمخيمها لاستنبات  
الفطر الذي يهضم الغذاء الباقى وتستهلكه.  
ثم تنفث الأرض بقطع من  
الفطر تهضمها بسهولة.



عندما تتبلع الفأرة طعاماً يتقبل أولاً إلى المعدة حيث يتحلل جزئياً بواسطة حامض قوي. ثم يتابع مساره إلى المعى الدقيق فالعظيق حيث تمتص منتجات الهضم والماء. يقرّر بنكرياس الفأرة مواد هاضمة قليلة تُعالج حامض المعدة. أما المعرعة ففي كيس رذبي (غير نافذ) يتم فيه هضم الغداء الثاني.

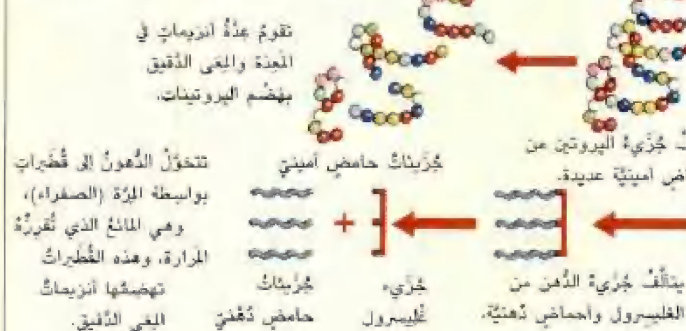


مَضْمُونُ الْبَنْاءِ

القمح والأرز والبطاطا وغيره بالمواد النشوية التي تخترتها النباتات غذاء في خلاياها. تتألف جزيئات النشاء من مئات الوحدات السكرية المترابطة معا في سلاسل طويلة. وهذه السلاسل تتخلل أثناء عملية الهضم، بوجود الإنزيمات، منتجة جزيئات عديدة من الجلوكوز - وهو سكر بسيط يمكن للجسم امتصاصه.

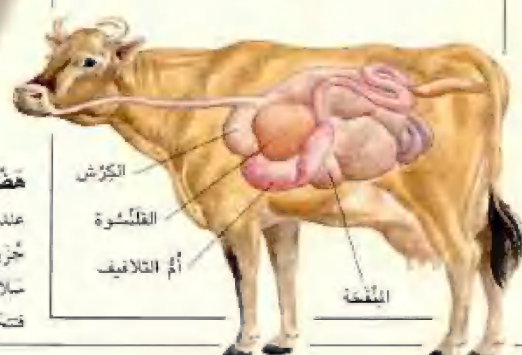
كَيْفَ تَهْضِمُ الْبَقْرَةَ الْعُشْبَ

تَهْضُمُ الْأَقْبَارُ الْعُشْبَ بِمُسَاعَدَةِ مُتَعَضِّيَاتِ صُغْرِيٍّ  
وَتَعْدُو رُبَاعِيَّةَ الْأَسْنَامِ. يَدْخُلُ الطَّعَامُ أَوَّلًا إِلَى  
الْكُرْسِ فَالْقُلْسُورَةِ حَيْثُ تَعْمَلُ الْمُتَعَضِّيَاتُ  
الْمُخْجَرِيَّةُ عَلَى تَحْلِيلِ السَّلْيُولُوزِ. ثُمَّ تَحْتَرُ الْبَرَقَةُ  
الطَّعَامَ فَتَضَعُهُ ثَانِيَةً وَتَبْلُغُهُ لِيَعُودَ إِلَى الْمُعْدَتَيْنِ  
الْأُخْرَيَيْنِ حَيْثُ يَتِمُّ مَهْضُمُهُ. نَحْنُ لَا نَسْتَطِيعُ مَهْضُمَ  
السَّلْيُولُوزِ فِي غِذَائِنَا الْبَاقِي، لِذَا فَهُوَ يَغَيَّرُ  
أَجْسَامَنَا كَحَيَّاتَانِ أَوْ لَيَابِ.



هَضْمُ البروتينات والدهون

عندما تأكل قطعة من اللحم، تتحلل البروتينات والدهون المتواجدة فيها إلى جزيئات أصغر جدًا بحري امتصاصها في المعى الدقيق. تتحلل البروتينات إلى سلاسل عديدات الببتيد، وهذه تتحلل بلزوها إلى أحماض أمينية. أما الدهون فتتحول أولًا إلى قطرات دقيقة ثم تتحلل إلى غليسرول وأحماض دهنية.



لمزيد من المعلومات انظر

الحفازات ص ٥٦
كيمياء الجسم البشري ص ٧٦
كيمياء الأغذية ص ٧٨
التغذية الحيوانية ص ٣٤٦



# التنفس الخلوي

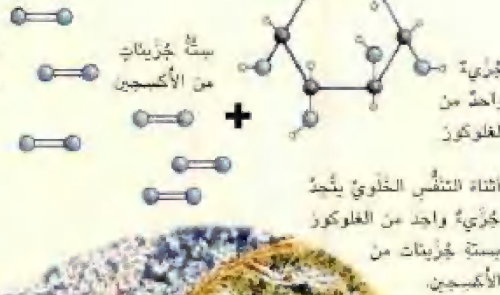
تحتاج جميع الكائنات الحية إلى طاقة لتعيش، وهذه الطاقة تستمد من الغذاء. فبعد هضم الوجبة من الطعام، تنتقل المواد المغذية إلى الدم ومنه إلى الخلايا حيث تتحلل بالانزيمات لإطلاق ما بها من طاقة يُستفاد منها في شتى الأعمال الحيوية. في التنفس اللاحيواني، تتفكك المغذيات (بخاصة الجلوكوز) دون استخدام الأكسجين مُطلقةً مقدارًا قليلًا من الطاقة. أمّا في التنفس الحيواني، الذي يجري داخل مُتقدّرات الخلية، فتُحْدث المواد المغذية بالأكسجين مُنتجةً ماءً وثاني أكسيد الكربون كفضلات، ومطلقةً مقدارًا كبيرًا من الطاقة. وهذا التنفس هو الذي يُزوّد الجسم بِمعظم احتياجاته من الطاقة.



يُغْتَلُ التنفس الخلوي كِتَوَافٍ مُوَدَّ مُوَارِدَةٍ - يَتَبَعُ الطاقة حَيْثُ وَحْدُ يُحْتَاجُ إليها.

## طاقة يمكن التحكم بها

التنفس الحيواني شبيهٌ بالاحتراق (إذ فيه تُحْدث المواد المغذية (الوقود) بالأكسجين لامتصاص الطاقة. لكن هناك فرق مهم؛ فالاحتراق يحدث بسرعة وتُفقد الطاقة منه فورًا - فيما التنفس الحيواني يُطَوِّي على تفاعلات كيميائية عديدة، ويَتَبَعُ الطاقة بأشكال يمكن التحكم بها.



الخللي الصنيفة (هيبستكس روزاساينسز)

## التنفس في النبات

في ضوء النهار تُصَنِّع أوراق النبات الخضراء غذاء (الجلوكوز والشاء) بالتحليل الضوئي، وتستهلك بعض الطعام في عملية التنفس - لكنها تُحَلِّق طعامًا أَكْثَرُ مِنَّا تستهلك، لذا فإن الأوراق تأخذ ثاني أكسيد الكربون وتُفَقِّد الأكسجين. أثناء الليل، يتوقّف التحليل الضوئي وتستمر عملية التنفس، فتأخذ الأوراق الأكسجين وتُفَقِّد ثاني أكسيد الكربون.

## هانز كريس

كشفت الكيمياء الحيوية الألماني، هانز كريس (١٩٠٠-١٩٨١) دور الجلوكوز الكامل في عملية التنفس الخلوي. وكان معلومًا أنّ جزيء الجلوكوز يُنْحَل مُنتِجًا مادةً أُسْتَقَد هي حامض البيروفيك، لكن ما كان أحد يُدْرِي مصير حامض



البيروفيك. وقد كشفت كريس أنّ هذا الحامض يدخل دورة مُتَوَاصِلَة من التفاعلات الكيميائية المُتَقَدِّرات، تُعْرَف بِدورة حامض الستريك أو دورة كريس، ينحل فيها إلى ماء وثاني أكسيد الكربون؛ وتُخْزَن الطاقة المُتَطلَفة خلال هذه التفاعلات في تحويل (إي دي بي) إلى (إي تي بي).

## التنفس اللاحيواني

إذا غَدِثت بسرعة مُتَهِكَة، يُنْشَد الأكسجين من نسيج عضلاتك فلا يُمكنُها تحويل الجلوكوز إلى ماء وثاني أكسيد الكربون، بل تُحوّله، بِغِيَاب الأكسجين، إلى حامض اللّكت (الذي يُشَبِّه ترائيدُه نَعْمًا عَضَلًا)، بالتنفس اللاحيواني. وخلال استراحتك بعد الغدو ينحل حامض اللّكت بِاستخدام الأكسجين. بعض المُتَعضِيَات، كالحُمَامِ والبُكْبَرِيَاء، تعيش عادةً بالتنفس اللاحيواني دون سواها.



## ماذا يحدث أثناء التنفس

يعتمد الجسم البشري في إنتاج طاقته أساسًا على الجلوكوز. وهو سُكَّر يُنتِجُه الجسم من هضم الشاء والكربوهيدرات الأخرى في الطعام. قبل استهلاكه في عملية التنفس الخلوي، يُنْحَل الجلوكوز إلى مادة أُسْتَقَد هي حامض البيروفيك، الذي ينتقل إلى مُتَقَدِّرات الخلية حيث يُحْدَث بالأكسجين لِتُنتِج ماءً وثاني أكسيد الكربون وبمقدارًا كبيرًا من الطاقة تُسْتَعْمَد لِوَظَافِ الجسم الحيويّة كتنقلص وأنساض العضلات مثلاً. وهكذا فإنّ عملية التنفس الحيواني هي بالتمام معكوس عملية التحليل الضوئي حيث تُسْتَعْمَد الطاقة لِتُصَنِّع الجلوكوز.

### لمزيد من المعلومات انظر

- الفسفور ص ٤٣
- الأكسجين ص ٤٤
- الاحتراق ص ٨٠
- الخلايا ص ٣٣٨
- التحليل الضوئي ص ٣٤٠
- الهضم ص ٣٤٥
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٢



# التنفس

التنفس شهيق وزفير. في الشهيق يسقط الهواء إلى داخل رئتيك، فينتشر أكسجين الهواء عبر بطانتيهما الرقيقة إلى الدم الجاري في الأوعية الدموية الدقيقة في الرئتين. وتحمل كريات الدم الحمراء الأكسجين إلى جميع أنسجة الجسم. وفي الوقت نفسه، يسري ثاني أكسيد الكربون (الغاز الناتج عن التنفس الخلوي) في الاتجاه المعاكس ليُطرَد مع هواء الزفير. اللبونات والفطير والبرمائيات والزواحف تنفس برئتين، أما الأسماك فحشوشية التنفس. وللمحشرات أنابيب تنفس قصية ذات فتحات جانبية في بطونها.

الخنجره شتلة عضوي  
يحي الأوتار الصوتية،  
هواء الرغيف يذب الأوتار  
الصوتية فيحدث الصوت.

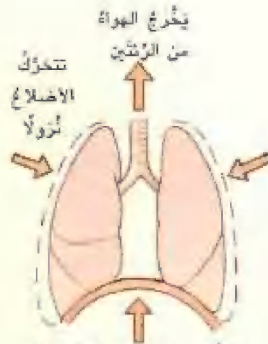
تمتد الرغامى (القصبة الهوائية) من الخنجره إلى الرئتين. وهي مفتوحة دونما بفضل حلقات عضروفية نصف دائرية.

رئتان مختلفتا الشكل؛ فالرئة اليمنى اقوس وتتألف من ثلاثة فصوص، فيما تتألف اليسرى من فصين فقط.



## التنفس

الرئتان محاطتان بأضلاع الفص الصدري الذي يفصله عن التجويف البطني حاجز عضلي ضخم هو الحجاب الحاجز. فعندما تنفس، تغير أضلاعك والحجاب الحاجز حجم التجويف الصدري، فيسقط الهواء إلى الرئتين في الشهيق، ويضغط خارجاً في الزفير. ويعتمد مقدار الهواء المتحرك على مجهودك العملي؛ فإذا كنت جالساً يهدوء، يتحرك القليل من الهواء مع كل نفس؛ أما خلال العمل المجهود فالتنفس أسرع وأعمق. فانت في التنفس العميق تحرك من الهواء ستة أضعاف ما تحركه منه وأنت جالس يهدوء.



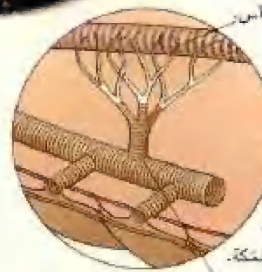
يتحرك الجنب الحاجز وضغوتا عند الزفير، تتحرك الأضلاع وتزولا ويندفع الجنب الحاجز وضغوتا، فيقل حجم الكبر خول الرئتين ويزل الهواء خارجاً، بالضغط الحاصل، غير الرغامى.

الفوهات التنفسية تتحرك، فتشغ وإغلاف في شريان الهواء غير شبكة الأنابيب القصية.



جذبة الانغال (نوع إيبيجر) شبكة الأنابيب القصية

تنفس الحشرات غير شبكة من الأنابيب الملأ بالهواء، تدعى الأنابيب القصية. تمتد إلى أعماق جسم الحشرة، وتفرع بدقة وفرة إلى العضلات ومختلف الأنسجة الأخرى. وتصل هذه الأنابيب أحياناً بأكياس هوائية تغير أشكالها كالزئزات. ولكل من الأنابيب القصية فتحة في غلاف جسم الحشرة تدعى الفتحة التنفسية.



تقلل أنابيب التنفس الأكسجين إلى خلايا الحشرة مباشرة.



## التنفس الحشوشومي

يحي الماء غذراً من الأكسجين مذاباً فيه، تستطيع الأسماك تلقيه بواسطة خياشيمها. يتألف الخشوشوم من سلسلة مبدلات دقيقة رقيقة الخدران غيرة بالأوعية الدموية لتعز تبادل الغازات. تلب السمكة الماء غير قوها ليخرج غير فتحات خياشيمها حيث يجري أمصاص الأكسجين المذاب ولفظ ثاني أكسيد الكربون.



توجد خياشيم السمكة خلف الرأس مباشرة.

تتألف الخياشيم من اقواس متخنية ذات شعيرات ريشية هي الخيوط الخشوشومية.

لمزيد من المعلومات انظر
إحداث الصوت وسماحه ص ٧٢
التنفس الخلوي ص ٣٤٦
الدم ص ٣٤٨
الدورة الدموية ص ٣٤٩
البيئة الباطنية (في الأحياء) ص ٣٥٠



## الدم

الدم مادة مذهشة حقاً، فهو يعمل كسيّر ناقلة سائل ينقل الأكسجين إلى كل خلية حية في الجسم؛ كما ينقل أيضاً المواد الغذائية والهرمونات والفضلات والدفع، وهو دفاع الجسم الرئيسي ضد الأمراض. قطرة الدم تبدو للتناظر مجرد سائل أحمر، لكنها تظهر تحت المجهر محتشدة بملابن الكريات طافية في مائع مائي. كريات الدم الحمر تنقل الأكسجين، والكريات البيض تهاجم أي شيء يغزو الجسم من الخارج؛ وتنقل المصورة أو البلازما (القسم السائل) معظم ثاني أكسيد الكربون. يحوي جسم الإنسان البالغ من ٥ إلى ٨ لترات من الدم - خلاياه قرصية أو منضغطة أو صفحية تستبدل بالملايين منها آخر جديدة كل يوم.

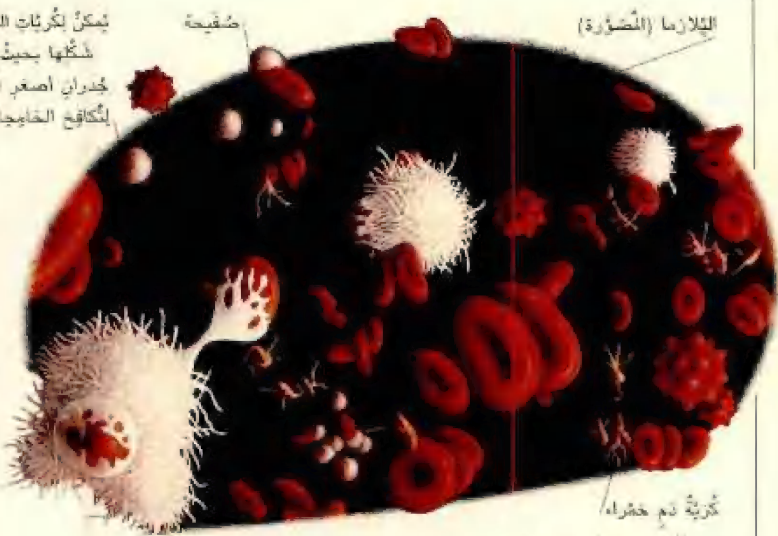


في معظم الناس  
تؤلف البلازما  
أكثر من نصف  
حجم الدم.  
طبقة رقيقة من  
كريات الدم البيض  
والصفائح  
كريات الدم الحمر  
مكتنسة لمرامنة

### تركيب الدم

إذا دُمعت عينة من الدم في أيوب اختبار بشرة كبيرة، سيظهر الكريات في قاع الأنبوب، ويعلوها سائل صفراوي يُدعى المصورة أو البلازما. تتألف البلازما من ٩٠ بالمائة ماء، والباقي أملاح ومواد غذائية - إضافة إلى بروتينات كالغلوبولين (مُؤلد للبيض) الذي يُخثر الدم، وتؤلف الكريات أقل من نصف حجم الدم بقليل، ويتوفى غذاء كريات الدم الحمر عدة البيض بينة ٥٠٠ إلى ١.

يمكن لكريات الدم البيض تغيير شكلها بحيث تنضغط عبر جدران أصغر الأوعية الدموية لتتغلب الحاجز الممرضة.



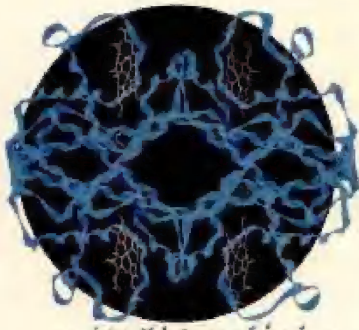
البلازما (المصورة)

صفحية

كريمة دم حمر

### البحمور (الهيموغلوبين)

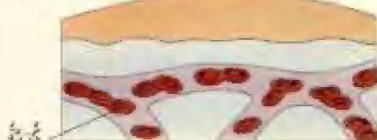
البحمور خطب يحمي كريات الدم الحمر حمرتها. وهو يحوي الحديد، ويتغير بحدته على تشكيل روابط مؤقتة مع جزيئات الغازات. فالبحمور يتحد بالأكسجين عندما تمر كريات الدم الحمر بالرئتين؛ ويتخلّى عنه في أقسام الجسم الأخرى، ليحبل بعض ثاني أكسيد الكربون فيطلقه عندما يعود إلى الرئتين، وهكذا دواليك.



صورة مُؤلفة حاسوبياً تُبين جزيئات من  
البحمور. الأجزاء المُؤلفة هي المجموعات  
حادية الحديد التي ترتبط مع الأكسجين.

### تخثر (أو تجلط) الدم

إذا جرحت، فإن دمك يتخثر في مكان الجرح ويوقف النزف. فصفائح الدم القريبة من الجرح تصبح دقة وتلتصق معاً مُكوّنة سدادة. وخلال ذلك يتحول بروتين الفيبرينوجين (مُؤلد للبيض) إلى فيبرين (ليفين) مُشكلاً شبكة خيالية كثيفة تتلفس وتضم كريات الدم الحمر في جُملعة (خثرة).



كريمة  
دم حمر

الجلد المجرّح يُطلق  
مواد في الدم تجعل  
الصفائح دقة.



تنضم الصفائح معاً  
فتكوّن سدادة. ويشكّل  
الفيبرين خيوطاً تحبس  
كريات الدم الحمر.

كريمة دم بيضاء



الفيبرين وكريات الدم الحمر تُكوّن خثرة تتصلّد  
إلى قشرة، وتشفط القشرة عندما يتبدّل الجلد.

### الكركند الأزرق الدم

القشريات، كالمحار والكرنقات، وبعض الزحافات، مزودة بدم الهيموغلوبين، بخضب أزرق يُدعى الهيموسيانين، يكتسب الدم زرقته في البشرات، يكون الهيموسيانين مُذاباً في بلازما الدم بدل أن يكون في كريات.

### الدم تحت المجهر

القطعة الواحدة من الدم تحوي ملايين الكريات، معظمها كريات حمر تحوي بروتيناً يُدعى البحمور (أو الهيموغلوبين). وهو بتركيزه يزيد كمية الأكسجين المنقولة بواسطة الدم حوالي ١٠٠ مرة. أما كريات الدم البيض فأكثر حجماً وأقل عدداً من الحمر، وهي تتلغ الخلايا الغريبة (كالبكتريا) وتهاجم المتطفلات الغازية (كالخمات) بإطلاق أجسام مضادة. ويحوي الدم أيضاً شذفاً خلوية، تُدعى الصفائح، تُساعد على التجلط (التخثر).



الهيموسيانين يحوي نحاساً بدل الحديد،  
فيجعل الدم أزرق لا أحمر كما هو عتيق في  
هذا الكركند الشائع (هوماروس فلجارس).

### فئات (أو زمرة) الدم

يختلف الدم قليلاً من شخص إلى آخر، بسبب بروتينات خاصة تواجد على سطوح الكريات الحمر وفي المصورة (البلازما). والناس ذوو البروتينات نفسها يتسمون إلى فئة الدم نفسها. وإذا مزج دم من فئة معينة بدم من فئة أخرى تلتازن كريات الدم الحمر وترسب بفعل البروتينات المختلفة، وهو خطر جداً. لذا عند نقل الدم من شخص إلى آخر ينبغي التأكد أنه من فئة الدم الصحيحة.



### لمزيد من المعلومات انظر

- فضل المزيجات ص ٦١
- الصفائح ص ٣١٢
- النفس الخلوي ص ٣٤٦
- الدورة الدموية ص ٣٤٩
- البيئة الباطنية (في الأحياء) ص ٣٥٠

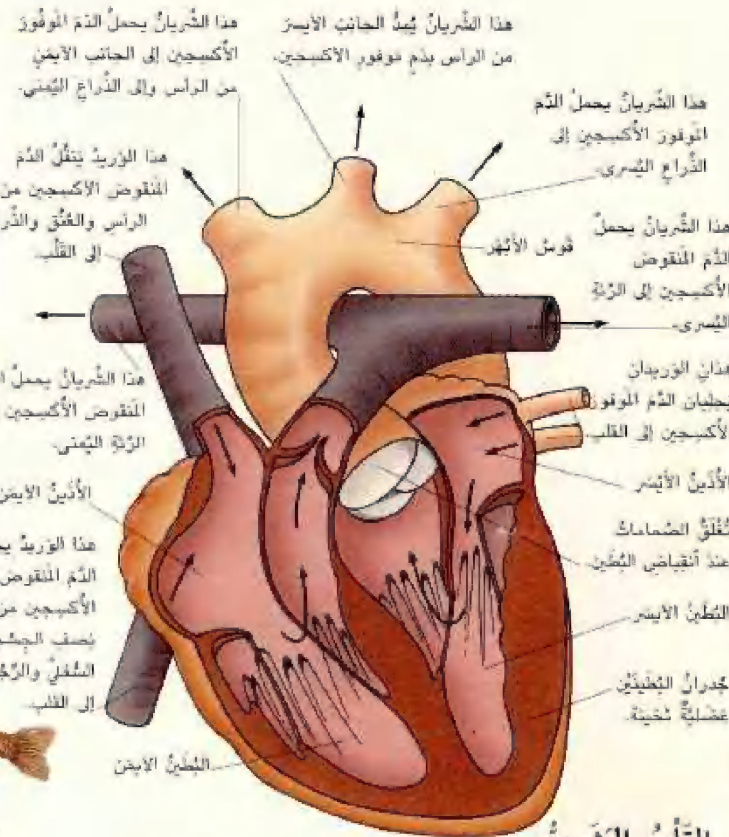
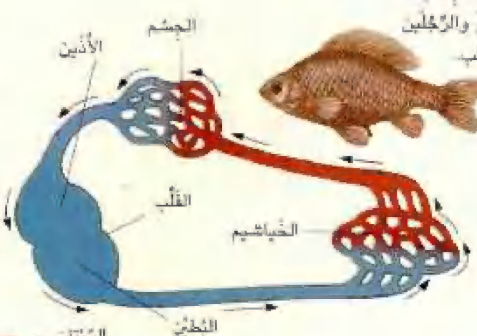


# الدَّوْرَةُ الدَّمَوِيَّة

يَحْفَظُ قَلْبُكَ ١٠٠,٠٠٠ مَرَّةً فِي الْيَوْمِ ضَاطِعًا الدَّمَّ عِبْرَ شَبَكَةٍ مِنَ الْأَنْبِيبِ تَنْقُلُهُ فِي جَوْلَةٍ حَوْلَ الْجِسْمِ. الدَّوْرَةُ الدَّمَوِيَّةُ فِي الْإِنْسَانِ مُقَفَّلَةٌ - أَيَّ إِنَّ الدَّمَّ يَدُورُ فِي أَوْعِيَةٍ خَاصَّةٍ مُتَّصِلَةٍ. فَعِنْدَمَا يُصْخَرُ الدَّمُّ مِنَ الْقَلْبِ، يَنْدَفِعُ قُدَمًا بِضَغْطٍ عَالٍ يُمَكِّنُكَ تَحْسُّسَهُ نَبْضًا. وَيَدُورُ الدَّمُّ بِسُرْعَةٍ مُدْهِشَةٍ، إِذْ تُكْمِلُ كَرِيَّةُ الدَّمِّ دَوْرَتَهَا مِنَ الْقَلْبِ إِلَى الرُّكْبَةِ، ذَهَابًا وَإِيَابًا فِي دَقِيقَةٍ وَاحِدَةٍ فَقَط. أَمَّا الْحَيَوَانَاتُ الْأَبْسَطُ، كَالْقَوَاقِعِ مَثَلًا، فَالْجُمْلَةُ الدَّوْرَانِيَّةُ لَدَيْهَا مَفْتُوحَةٌ يَسْرِي فِيهَا الدَّمُّ غَالِبًا عِبْرَ فَجَوَاتٍ جَسَدِيَّةٍ قَسِيحَةٍ، لَا خِلَالِ أَوْعِيَةٍ ضَيِّقَةٍ. وَالدَّمُّ فِيهَا لَا يُصْخَرُ بِضَغْطٍ مُرْتَفِعٍ، فَيَتَحَرَّكُ بِطَءٍ وَرُكُودٍ.

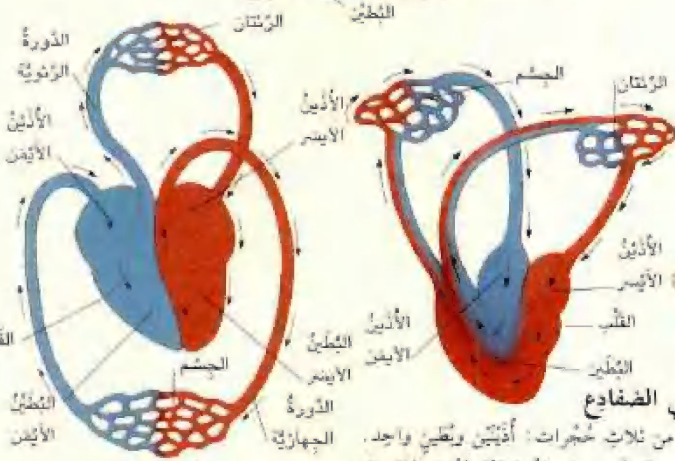
## الدَّوْرَةُ الدَّمَوِيَّةُ فِي الْأَسْمَاكِ

يَتَأَلَّفُ قَلْبُ الشَّمَكَةِ مِنْ خُجْرَتَيْنِ فَقَط. وَيَسْرِي الدَّمُّ فِي حَلْفَةٍ أَسْتَوِيَّةٍ وَاحِدَةٍ. يَسْرِي الدَّمُّ عِبْرَ الْخِيَاشِيمِ حَيْثُ يَجْمَعُ الْأَكْسِيجِينَ، ثُمَّ يَدُورُ حَوْلَ الْجِسْمِ يَرْوِّدُهُ بِالْأَكْسِيجِينِ، وَيَأْخُذُ مِنْهُ ثَانِي أَكْسِيدَ الْكَرْبُونِ، فَيَحْمِلُهُ عَوْدًا إِلَى الْخِيَاشِيمِ.



## الْقَلْبُ الْبَشَرِيّ

الْقَلْبُ يُشَبَّهُ بِضَخَّائِيْنِ تَعْمَلَانِ جَنْبًا إِلَى جَنْبٍ، تَتَأَلَّفُ وَاحِدَتُهُمَا مِنْ قِسْمَيْنِ عُضْلِيَّيْنِ هُمَا أَذْيَنٌ عُلوِيٌّ وَيُقَلْبِيٌّ سَفْلِيٌّ. فَخِلَالِ نَبْضَةِ الْقَلْبِ يَنْقَبِضُ الْأَذْيَنُ دَافِعًا الدَّمَّ إِلَى الْبَطْنَيْنِ؛ ثُمَّ فِي لَحْظَةٍ، يَنْقَبِضُ الْبَطْنِيْنِ بِدَوْرِهِ دَافِعًا الدَّمَّ خَارِجَ الْقَلْبِ إِلَى الشَّرَائِيْنِ. الْجَانِبُ الْأَيْمَنُ مِنَ الْقَلْبِ يُصْخَرُ الدَّمَّ الْوَاردَ مِنَ الْجِسْمِ إِلَى الرُّئْتَيْنِ، فِي حِينٍ يَنْقَلِي الْجَانِبُ الْأَيْسَرُ الدَّمَّ الْمَوْفُورَ الْأَكْسِيجِينَ مِنَ الرُّئْتَيْنِ وَيَضْحُكُهُ إِلَى بَقِيَّةِ الْجِسْمِ.



## الدَّوْرَةُ الدَّمَوِيَّةُ فِي الضَّفَادِعِ

يَتَأَلَّفُ قَلْبُ الضَّفَدَةِ مِنْ ثَلَاثِ خُجَرَاتٍ: أَذْيَتَيْنِ وَبَطْنِيٍّ وَاحِدٍ. يَسْرِي دَمُ الضَّفَدَةِ فِي دَوْرَتَيْنِ - إِحْدَاهُمَا عِبْرَ الرُّئْتَيْنِ لِاِكْتِسَابِ الْأَكْسِيجِينِ، وَالْأُخْرَى حَوْلَ الْجِسْمِ لِيَذْهَبَ. وَعِنْدَ عَوْدَةِ الدَّمِّ مِنَ ثَلَاثِ الدَّوْرَتَيْنِ يَخْلُطُ جُزْئًا قَبْلَ إِعَادَةِ ضَخِّهِ.



## وَلْيَمْ هَارْفِي

الطَّبَّابُ الْعَرَبِيُّ، ابْنُ الْقَيْسِ (ح. ١٢٠٥-١٢٨٨) كَانَ أَوَّلَ مَنْ وَصَفَ دَوْرَانَ الدَّمِّ بَيْنَ الْقَلْبِ وَالرُّئْتَيْنِ؛ لَكِنْ عَمَلُهُ لَمْ يَكُنْ فِي أَوْرُوبَا. ثُمَّ بَعْدَ قَرَابَةِ أَرْبَعَةِ قُرُونٍ (عَامَ ١٦٢٨) نَشَرَ الطَّبِيبُ الْإِنْكَلِيزِي، وَلْيَمْ هَارْفِي (١٥٧٨-١٦٥٧) وَصَفًا كَامِلًا لِدَوْرَانِ الدَّمِّ حَوْلَ الْجِسْمِ. وَهُوَ لَمْ يَنْتَظِعْ رُؤْيَا الْأَوْعِيَةِ الشَّرْعِيَّةِ، لَكِنَّهُ اسْتَنْتَجَ وَجُوبِيَّةَ وَجُودِهَا.

## الدَّوْرَةُ الدَّمَوِيَّةُ الْبَشَرِيَّةُ

تَنْقَسِمُ الدَّوْرَةُ الدَّمَوِيَّةُ فِي الْإِنْسَانِ، كَمَا فِي سَائِرِ الْكُلُوبَاتِ وَالطُّيُورِ، إِلَى دَوْرَتَيْنِ رِثَوِيَّةٍ وَجَهَارِيَّةٍ. فِي الْأَوَّلَى يَنْقَلِي الدَّمُّ مِنَ بَطْنِ الْقَلْبِ الْأَيْمَنِ إِلَى الرُّئْتَيْنِ حَيْثُ يَكْتَسِبُ الْأَكْسِيجِينَ وَيُصْبِحُ أَحْمَرَ قَانِيًا. وَفِي الثَّانِيَةِ يَنْقَلِي الدَّمُّ مِنَ بَطْنِ الْقَلْبِ الْأَيْسَرِ إِلَى سَائِرِ أَجْزَاءِ الْجِسْمِ يَرْوِّدُهَا بِالْأَكْسِيجِينِ، وَيَأْخُذُ مِنْهَا ثَانِي أَكْسِيدَ الْكَرْبُونِ - فَيَعْدُو مُنْقَرَصًا الْأَكْسِيجِينَ أَحْمَرَ قَانِيًا.



## الْأَوْعِيَةُ الدَّمَوِيَّةُ

يَحْوِي جِسْمُ الْإِنْسَانِ حَوْلَ ١٠٠,٠٠٠ كِم مِنَ الْأَوْعِيَةِ الدَّمَوِيَّةِ. تَحْمِلُ الشَّرَائِيْنِ الدَّمَّ مِنَ الْقَلْبِ إِلَى أَجْزَاءِ الْجِسْمِ، بَيْنَمَا الْأَوْرَدَةُ تُعِيدُهُ إِلَى الْقَلْبِ. وَيُتَّصِلُ الشَّرَائِيْنِ بِالْأَوْرَدَةِ بِوَسْطَةِ شَبَكَةٍ كَثِيفَةٍ مِنَ الْأَوْعِيَةِ الشَّرْعِيَّةِ (الشَّعِيرَاتِ) الْبُحْبُورِيَّةِ.

## لِمَزِيدٍ مِنَ الْعُلُومَاتِ انْظُرْ

- الشَّعِيرَاتُ ص ٣٤٧
- الدَّمُّ ص ٣٤٨
- الْيَتَّةُ الْبَاطِلِيَّةُ (فِي الْإِحْيَاءِ) ص ٣٥٠



# البيئة الباطنيّة (في الأحياء)

العالم من حولنا دائم التغيّر؛ فالهواء قد يبرد أو يسخن. وقد يهطل المطر أو يكون الطقس مشمسًا وجافًا. أمّا في باطن الجسم، فالظروف البيئية تظلّ في الغالب هي نفسها من يوم لآخر؛ فدرجة الحرارة هي نفسها على الدوام تقريبًا، والمزيج الكيميائي الذي تحيا به خلايا الجسم يبقى ثابت التركيز. وهذا لا يعني أنّ الجسم لا يتغيّر أبدًا؛ فهو يجري، طوال الوقت، تعديلات بسيطة في بيئته الباطنية. فالأعصاب والهرمونات (المراسيل الكيميائية) تعمل معًا لإبقاء ظروف الجسم الداخلية في وضع الاستقرار. وهذا الاستقرار الداخلي (أو الاستتباب)

هو من خصائص الكائنات الحيّة العليا.

## الإفراغ

الكائنات الحيّة كلّها بحاجة إلى التخلص من الفضلات؛ ويُعرف هذا بالإفراغ. فنحن نفرغ ثاني أكسيد الكربون والماء عبر الرئتين، ونفرغ السمّات والنّسوجيّة والأملاح والماء في التبوّل، وبعض الأملاح والماء في التعرّق. ونتخلّص أيضًا من مخلفات الطعام غير القابلة للهضم بالتبرّز. لكن ذلك ليس إفراغًا أبيضًا جهازيًا، لأنّ هذه الأجزاء لا تتغيّر خلاليًا مطلقًا. والإفراغ عملية مهمّة جدًا لأنّ الفضلات قد تتسمّم الجسم. في الجسم السليم تعمل الخلية العصبية والهرمونات على عدم تراكم الفضلات مطلقًا.

## الإفراغ في الثّبات

النباتات أيضًا تحتاج إلى التخلص من الفضلات كما الحيوانات. فآثناء التحلي الضوئي، تُلْقِي النباتات فضلة الأكسجين من أوراقها. كما تتحرّك بعض النباتات الفضلات الجامدة في خلاياها. فالخلايا السيئة أعلاه من قصّ نوم قد اخترنت بلبورات أكسالات الكالسيوم كناتج فضلة.

## ذوات الدّم البارد

الأشماك والبرمائيات والزواحف حيوانات خارجيّة الإحراق (باردة الدّم) تعتمد على مساويز خارجيّة لتسخين أجسامها. وهكذا فإنّ درجة حرارتها ترتفع وتهدّئ تبعًا لدرجة حرارة مكان تواجدّها. والكثير من هذه الحيوانات يغيّر درجة حرارتها بتطوّل سلوكه. فتتعرّض العقاب مثلًا للشمس في الطقس البارد، وتختبئ في الظلّ في الطقس الحارّ.

عظاية تتشقق فوق صخرة

## ذوات الدّم الحارّ

الطيور والثدييات والفقاريات

داخلية الإحراق (حارة الدّم) تولّد الحرارة داخليًا من خلال الأيض، فتحتفظ درجة حرارتها ثابتة - وهي عادة أسخن من بيئتها. والحيوانات الداخلية الإحراق تظلّ تبتلع حتى في الطقس البارد؛ لكنّ أجسامها تتطلب مقادير كبيرة من الغذاء (الوقود) لتحتوي ذلك.

## تنظيم درجة الحرارة

ما لم تكن مريضًا، فإنّ درجة حرارة جسمك ثابتة على 37°م. وتتولّد الحرارة من انحلال الغذاء خلال التنفّس الخلويّ، وهي تُقدّر باستمرار في الوقت نفسه. فإذا فقد الجسم حرارة أكثر مما ينتج، يُرْسِل الدماغ نوا إشارات إلى الجسم لزيادة إنتاج الحرارة كما يتنّج شروب بتغطيتها بتضيبي الأوعية الدّمويّة القريبة من سطح الجلد - مما يجعل شعر البدن يفتّ قشعريرة. أمّا إذا وُلِدَ الجسم حرارة أكثر مما ينبغي، فعندئذ يبدأ التعرّق.



الغُدّة صغيرة عظيمة الأهمية، تتّجمل بقاعدة الدماغ؛ وتنتج عددًا من الهرمونات وتلته عددًا أخرى لتفوّق هرموناتها الخاصة. ويربط الوطاء، المماور للغُدّة، خُطّة الغُدّة الحُصّ بالخلية العصبية في الجسم.

الغُدّة الدرقية تُفرّز الدرقية، وهو هرمون يُنظّم النّوم، وشرعًا أنجال الغذاء لابتينات الطاقة.

يُنتج البنكرياس هرمونين يمتصّان مستويات الشّكر في الدّم، فالإنسولين يجعل الخلايا تستهلك خزينًا من الغلوكوز. كما يفرّز الكبد على سحب الغلوكوز من الدّم. فيما يعمل هرمون الغلوكاجون على جعل الكبد يُبدّل الدّم بغيره من الغلوكوز.

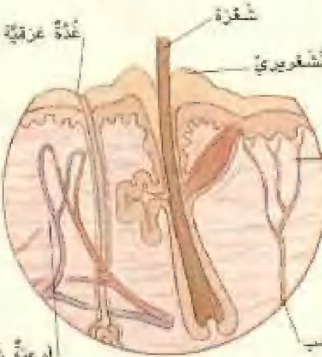
في شئ اتحاء الجسم تشتت شبكة من الانابيب تدعى الخلية العصبية تتلقى المناع السفلي المتشرب من الاعوية الشعريّة، فتُرْسِل إشارات الخلايا والمستيمات العريية. ويعدّ اللّغف المرشع إلى الدّم غزّ قناة قرب القلب.

الغُدّة الدرقية هي ابتلاعات خسامية في الخلية العصبية حيث تُهاجم خريات الدّم البيض الجواش. وإذا انقطع الجسم بالبكتيريا أو تعرض للشم، من لدغة افعى مثلاً، فإنّ الغُدّة الدرقية تتضخّم عادة.

الدّم أخذ أكثر المواد أهمية في المحافظة على استقرار البيئة الباطنية. فهو يحمل الأكسجين إلى الخلايا، ويأخذ منها الفضلات. وينقل البكتيريا المؤذية، كما يحمل جميع المراسيل الهرمونية من الخلايا واليهاد.

## القشعريرة (الارتعاش)

إذا برّدة جسمك كثيرًا، يُرْسِل دماغك إشارات إلى بعض عضلاتك لتقبض أو ترتعش. وهذا الارتعاش يولّد حرارة تدفّئ الجسم. وفي الوقت نفسه، تنضج الأوعية الدّمويّة القريبة من الجلد، فتتصّج شروب الكثير من حرارة الجسم غيره.



## قُفُوف الجلد (قشعريرة)

إحدى العلامات الأولى لإحساس بالبرد هي قُفُوف الجلد بشوّهات تثيرية على سطحه. وتظهر هذه التواءات لأنّ عضلات دقيقة تفتّ شجر البدن قشعريرة.



## مراقبة الجسم

دماغك مراقب دائم لبيئة جسمك الباطنية. فجزء منه يراقب على الدوام تركيز ثاني أكسيد الكربون في الدم؛ فزيادة سرعة التنفس إذا زادت التركيز كثيراً. كما تسيطر أجزاء أخرى من الدماغ نسبة الماء في الدم ودرجة حرارة الجسم، ومبواها من الظروف الحيوية.

مع كل تغير، تستجيب رتاك ثاني أكسيد الكربون ويخار الماء (هنا البخار يُضبط) الرّجاء لو رَفَعْتَهُ عليه.

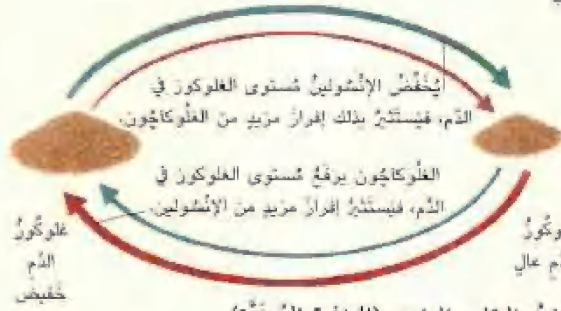
كذلك تعمل كترشح وكشطيم كيميائي، فهي تُزيل خلايا الدم الخثرة السائلة وتحتزن حديدًا. وتضبط الكبد أيضاً مستوى الغلوكوز في الدم، كما تصنع الهرمونات التي تُخزّن الدم.

تُرشّع كلياتك الدم فتشتطيان جزءه المائع وتشتطيان البول من الفضلات وفائض الماء فيه.

يساعد التعرّض على تربية الجسم، ويحوي العرق امتلاخا تجعل عناق الجلد سالخا بعد التعرّض.

## الهرمونات

الهرمونات موادّ تحمّل رسائل مُعَبَّنة. في الحيوانات تُفرز الغدّة الصّماء هرمونات تُضبط مباشرة في مجرى الدم لتدور حول الجسم. وعندما يتلّغ الهرمون الخلايا المستهدفة يُبدأ بتنفيذ رسالته. تَوْأ. يُنتج الجسم أكثر من 50 هرموناً مختلفاً، بعضها يُنظّم مستويات الموادّ المُهمّة في الدم، وأخرى تتحكّم في طريقة نموّ الجسم وتطوّره. وتعمل الهرمونات عادة أزواجاً - واحد ذو تأثير مُضادّ لِأَخر.



## حلقات التغذية الراجعة (التغذية المرتدة)

الإنسولين والغلوكاجون هرمونان يتحكمان في مستوى الغلوكوز في الدم. فالإنسولين يُخفّض مستوى غلوكوز الدم، بينما الغلوكاجون يرفعه. هذان الهرمونان يُشكّلان حلقة تغذية راجعة، لأنّ كلّ منهما يؤثر في (ويتأثر به) ما يفعله الآخر.

## الاتصالات الكيميائية

بعض الحيوانات تُطلق كيميائيات، تُدعى فيرومونات، تتواصل بها بعضها مع بعض. فالحشرات الاجتماعية، كالنحل والنمل والأرض، تُوصّل فيروموناتها، بعضها إلى بعض، عبر الهواء أو باللمس. فذلك النحل مثلاً تتحكّم النحلة (خلية النحل) بالفيرمونات التي تُطلقها.

## الدفاعات

### المتحركة

كُرَيَّات الدم البيضاء هي حُرَمَ الجسم ضدّ الغزو. منها نوع يُدعى كالمُشَيَّة أعلاه، تُغمر وتلتهم

ببراً من البكتيريا العدوية. هذه البُلمَعِيَّات تنقل عبر الدم والجسم وتُنتج الجراثيم. وفي الدم كُرَيَّات بيض أخرى، لُفَاوِيَّة تصنع أجساماً مُضادّة وهي كيميائيات بروتينية، تلتصق بالعازبات وتُفسي عليها.

## مكافحة الأمراض

جسم الإنسان قوئل ونالٍ لِلْمُتَعَصِّيات المِجْهَرِيَّة، كاللكتيريا، لأنّه يُوفّر لها الدفّة والغذاء. وللمحافظة على استقراره الداخلي يُستخدَم الجسم نظاماً المناعيّ لمُكَافَحة تلك الجراثيم. والجهازان الدمويّ واللّمفيّ عظيمَا الأهميَّة في هذا المجال. فكثير من الجراثيم التي تدخل الجسم تُغمرها كُرَيَّات الدم البيضاء وتُبلِّغها، وكثير مبواها تُهاجمها بروتينات نظام المناعة المعروفة بالأجسام المُضادّة وتُبيدها. والنظام المناعيّ يتّهل عليه القضاء على هذه الجراثيم فيما لو عادت لمُهاجمة الجسم ثانية. يُفضل استجابته الذاكرة لِتَرْكِيبتها الكيميائية؛ ويُعرف هذا بالمناعة التحصينية.

## الهرمونات في النبات

إذا وضعت أصيص باذونات على أشكّة البافّة، فإن الباذرات تنحني باتجاه الضوء. وتحدث ذلك لأنّ الهرمونات المُعرّزة لِلنَّما تُتجمّع على جانب النقص البعيد عن الضوء فتُنحني. الهرمونات النباتية تتحكّم النُمو والتطوّر غالباً. بعض الهرمونات يُبطّئ نموّ النبتة؛ وهرمونات أخرى تُجعل الأوراق تُسقط في الخريف. تُخلّ الغسل (أبيس) يُلَبِّها.



مُتَكَة النحل

## كلود برنار

كان العالم الفرنسي، كلود برنار (1813-1898)، من أوائل الذين درسوا الفسيولوجية (علم وظائف الأعضاء)، وتعرّفوا تكامل عمل أعضاء الجسم في المحافظة على استقرار بيئته الباطنية. فقد اكتشف أنّ الغلوكوكز،

الذي هو العضد الرئيسي للطاقة في الجسم، يُحتزّن في الكبد كغلوكوجين، ثم يُطلق عند حاجة الجسم إليه. كما درس عملية الهضم، وتأثير العقاقير على وظائف الجسم والمُجَلَّة العصبية.



### لزيد من المعلومات انظر

- الجراثيم (المكتبريا) ص 313
- النفس الخلوي ص 346
- الدم ص 348
- النمو ومرآجه ص 366
- حقائق ومعلومات ص 423



# الهياكل الداعمة

الهيكْلُ يَسُدُّ جَسَدَ الحيوان، ويؤلّفُ إطارَ دَعْمٍ يَحْمِيهِ وَيُحَافِظُ على شَكْلِهِ، كما يُوفِّرُ لِلْعَصَلاتِ مَرْتَكِزًا تَشُدُّ إِلَيْهِ. مُعْظَمُ الحيواناتِ المألوفة ذاتُ هياكلٍ دَاعِمَةٍ من مادّةٍ صُلْبَةٍ كالْعَظْمِ أو المَحَار، وكلّما كَثُرَ حَجْمُ الحيوانِ وَوَزَنُهُ تَزَدَادُ حاجَتُهُ إلى هيكَلٍ دَعْمٍ أَقْوَى وَأَمْتَن. والكثيرُ من الحيواناتِ الصّغيرة لها أيضًا هياكلٌ دَاعِمَةٌ، لكنّها ليست بالضرورة صُلْبَةً الأجزاء دائِماً. فذُوْدَةُ الأرض مثلاً، عديمةُ العَظْم، وهي تدعّمُ جِسْمَها بالضغطِ الباطني؛ حيثُ تُضَغَطُ موانِعُ الجِسْمِ على الجِلْد، كما الهواءُ داخلَ إطارٍ مَطاطيٍّ، كهَيَكَلِ هيدروستاتيٍّ يُمكنُها من الانحِجارِ في الثّرى.

الشرطانّ النّسويّ ذو ورعٍ مُقَبَّبٍ يُعْطِي رأسه - بحيثُ العينانِ في أعلاه، والأرجلُ بأسفله. وينتسِلُ الشرطانّ كُلُّما نَحْد.



ذَيْلُ شوكي  
البطن

يتألّفُ جِسْمُ الفِئَةِ الأرخلي من شَدَقٍ كثيرةٍ تتنقّصُ واحداً بالآخرى مُتَتَبِعاً للحيوانِ التّلوّي والالتفاف. ولا بُدَّ لهذه المِفصّلاتِ من الانسِلَاحِ كي تنمو.

## العيشُ المُعَلَّب

الهيكْلُ الخارجيّ له مِيزاؤه الإيجابية والسّلبية. فمن خِصائِهِ أَنَّهُ يَحْمِي حاجَتَهُ من الأذى،

ويُجْعَلُ من العَسيرِ على المُتَغَصّياتِ المُتَرَفِّعة مُهاجمته. وفي الحيواناتِ البَريّة العَيشُ يُساعدُ الهيكْلُ الخارجيّ في عَدَمِ تَجفافِ الجِسْمِ. أمّا العِشّانِ السّليّتانِ للهيكْلِ الخارجيّ فهما كونه قَليلاً أحياناً، بِخاصّةٍ على البَريّة كما إنّ من الصّروريّ إخراجُه مع نِماءِ صاحِبِهِ في عَظَمِ الحيواناتِ، وبِجِلالِ عَليّةِ الانسِلَاحِ يُتَخلَقُ الهيكْلُ الخارجيّ، وتُتَلَقَّ الحيواناتُ مِنه، كاشِفَةً هيكْلَهُ الجَدِيدَ المُقَرَّبَ لَحَتِهِ. وعلى الحيوانِ جِئِلٌ أَنْ يُخَيَّرَ في سَكانِ أَيْنَ تَحْتَبِئُ لأعدائِهِ حَتّى يَنموَ هيكْلُهُ العَظْمُ ويُتَصلَّب.

خُفّصاءُ كَرَكُنِيّةٍ  
مِفصّلاتُ اليَجلِب

تتألّفُ المِفصّلاتُ من نِسيجٍ مرِنٍ يُتَبِعُ للحَيوانِ تحريكِ أَقسامِ جِسمِهِ المُتَخلِفة بِسَهولَةٍ.

أرجلُ الخُفّصاءِ مُغطّاةٌ بِصفائحٍ الكِيتِينِ المُطَبَّقةِ كَقِطَعِ جِسمِها. وتُتَصلَّبُ العَصَلاتُ التي تُحرِّكُ الأرجلَ بِمِداخِلِ صَفائحِ الشَّدَقَةِ التي تَليها.

مِفصّلُ شَرِن  
عَظْمَةٌ



أشجارُ النّجِيلِ

## الدَّعْمُ في النّباتِ وفي المُتَغَصّياتِ الوَحيدَةِ الخَلِيّةِ

الخلايا النّباتيّة جَميعُها مُدَعّمةٌ بِالسّلولوزِ، ويَحوي الكثيرُ من الخلايا الخَشَبِيّةُ أيضًا مادّةً عَاصِيَةً تُدعى الخَلْسِينُ (اللّجنين)؛ ويَقْضِي هذا الدَّعْمُ المُمكن تَقليلَ الأشجارِ قائِمةً مُنتَصِبَةً. وتُكوّنُ الطّحليّاتُ البَريّةُ الوَحيدَةُ الخَلِيّةَ، من المُشْطوراتِ (الدياتوميّاتِ)، هياكلٌ جَميلَةٌ من السّليكا (المعدنِ) الذي يتألّفُ مِنه الرُّمّلُ، وتَختَلِفُ أَشكالُ هذه الهياكلِ من نَوْعٍ لآخر.

مُشْطوراتُ (دياتوميّاتِ)



## الهياكلُ الخارجيّة

الكثيرُ من الألفاريّاتِ ذاتُ هيكَلٍ مُطحّيٍّ يتألّفُ من قِشرةٍ صُلْبَةٍ تُدَعّمُ الجِسْمَ من الخارج. ففي الحُشّراتِ والمِفصّليّاتِ الأخرى يتكوّنُ الهيكْلُ الخارجيّ من صَفائحٍ جَاسِيَةٍ مُرَنَةٍ التّصَفّلُ فيما بَينَها. وهذه الصّفائحُ لا يَنعَمُ حَجْمُها بِعَدَلٍ التّكوّن، لِذا تُطرَحُ الحُشرَةُ هيكْلُها الخارجيّ كُلّما نَمَتْ، وتُخلَقُ هيكْلًا آخر. وفي الخنافسِ يَغطّي الجَنَاحانِ الأماميّانِ، كَحِجَبَتَينِ عَمدِيّتينِ فوقَ الجَنَاحَينِ الخَلْفَينِ الرّقيقَينِ ويَحمِيانِهما.

أُقْرُونُ من الكِيتِينِ مُشَلِّبَةً جَدًّا

مِفصّلاتُ الرُّجلِ  
شُرَاشَةُ بَعْضِها فوقَ بَعْضٍ

## الكِيتِين

تتألّفُ هياكلُ الحُشّراتِ الخارجيّة من مادّةٍ قَرَبِيّةٍ تُدعى الكِيتِين، مُترابطةٌ في طَلقاتٍ تُتَعارضُ البَاقِها المُتَوَالِيّةَ فَتُجَمَلُ الهيكْلُ الخارجيّ شَدِيدَ المَناةِ.



طَرَفُ المَحارَةِ المُشَدَّقِ

مَحارَةُ أَقْدَمُ ذَاتُ لَاقِاتٍ أَكْثَرُ

مَحارَةُ نَاشِئَةٌ قَلْبَةً اللّاقِاتِ

## المَحَار

الرُّخويّاتُ إجمالاً ذاتُ هياكلٍ خارجيّةٍ صُلْبَةٍ هي مُحارَاتُها. وتتألّفُ هذه المُحارَاتُ أو الأصدافُ من كَربوناتِ الكالسيومِ المَعدنيّةِ. ومع نِماءِ

الحيوانِ الرُّخويّ، يَستَمرُّ في إِضافةِ المُعدنِ إلى شَدَقِ مُحارَتِهِ، فَتُكَبِّرُ تَدْرِيجيّاً وتُزايِدُ لَاقِاها وتُضَيِّقُ لُحْشَتَها الداخليّةَ. وهكذا يَستَطيعُ الحيوانُ الرُّخويُّ الإحتِفاظَ بِهيكْلِهِ الخارجيّ طَوَالَ حَياتِهِ، دونَ أنْ يَطرَحَهُ كما تَفعَلُ الحُشّراتُ والقُشَريّاتُ.



## الهياكل الداخلية

للإنسان، كسائر القواريات الأخرى، ذو هيكل غائر يَدْعُمُ الجِسمَ من الداخل. والمهايكل الداخلية في معظمها تتألف من عَظْمٍ وَعُضُوفٍ، فَيُؤَيِّدُ العَظْمُ المثانة والقُوَّةَ، بينما يُمَيِّحُ عُضُوفُ المفاصل الزلاَقَ العظام بعضها فوق بعض أثناء الحَرَكَةِ. يتألف هيكل الإنسان من ٢٠٦ عظامٍ تَتَرَاوَحُ حَجْمًا بين عَظْمِ الفِخْلِ الضَّخْمِ والعَظْمِيَّاتِ الدَقِيقَةِ في الأذن المُتَوَسِّطَةِ. وبجِلاَفِ الهياكل السطحية في الحَنَراتِ وسِوَاهَا، فَإِنَّ هَيْكَلَ الإنسان يَنْمُو دَاخِلِيًّا مُتَسَاوِقًا مع تَمَاءِ الجِسمِ.

## المفاهيم

المفاصل هي مناطق إلتقاء العظام المختلفة. والمفاصل في معظمها تسمح بالحركة، بشكل أو بآخر، بفضل طبقة غضروفية تلاءم تعظمي رؤوس العظام، وتزلقها في الحركة سائل زليلي سميك. والمفصل يكابله محاذ بهمنطقة غشائية ليغية غنية.

المَفَاصِلُ الرُّزِّيَّةُ

الْمُحَرِّقُ (كَمَا الرُّكْبَةُ)  
مُفْصَلٌ رَزِيٌّ أَحَادِي  
اتَّجَاوُ الْحَرَكَةُ -  
بِرَجْعِ صُعُودًا  
وَمُبُوءًا فَقَطْ، وَلَيْسَ  
مِنْ جَانِبٍ لِأُخْرَى.

المفاصل الحُقَّة الكروية

فَصَلَا الْوَرْدَ وَالْكَتِفَ بِسُحَابٍ  
بِالْحَرَقَةِ فِي كُلِّ أَتَحَاوٍ  
تَقَرُّبًا، فَكُلُّ مِثْمَا يَحْوِي  
عَظْمًا طَوِيلًا، يَنْتَهِي بِحَرَقَةٍ  
وَحْدًا يُوَاتِمُ تِلْكَ الْكُرَّةَ  
وَيُسَدُّ الْعَظْمَيْنِ مَعَ الْيَأْتِ  
لِلْطَلْعَةِ مَتْنَهُ دَعَى الْأُرْطَةَ.

بِاطْنِ الْعَظَمِ

العظم سيج حتى يحري  
عدة أنواع من الخلايا.  
وبعض خلايا تُحيط نفسها ببولارب من  
الأملاح المعدنية تجعل العظم صلباً جابلاً.  
وتحوي العظام الفتوال في داخلها النقي حيث  
تؤخذ كرات الدم وتُخزن الدهن.

هِيَ اَكِلُ لَا عِظَامَ فِيهَا

هياكل التشيئة في مواجهة  
 الحية الأولى غضروفية  
 وبكاملها. وتعتظم غضاريف  
 الهيكل تدريجياً حتى حوالى سن  
 ٢٥ من العمر. أمّا  
 أساك القرش والشفين  
 فلا تتعظم هياكلها  
 الغضروفية مطلقاً. وتكونها  
 مادة الغش فالغضروف وحده كافٍ  
 ليدعم أجسامها.

هَيْكَلٌ قَدِيمٌ الْأَرْجُلُ

يَكَادُ فَيَكُلُ الْأَعْيُ يَقْتَصِرُ عَلَى تَجْمُوعِهِ  
وَيَقْرَى وَأَصْلَاهُ. وَيَحْوِي عَمُودَهَا  
وَأَوْتَادُهَا وَغَدَاً صَحْفاً مِنَ الْفَصَالِ بِسَمْعٍ  
يَضُضُ الشَّيْءُ بِمَا يَجْعَلُ الْجِسْمَ بِتَجْمُوعِهِ  
يَقْرَى. وَالْأَفَاعِي عِدْمُهُ بِعِظَامِ الْأَطْرَافِ  
فَقَدْ كَلَّ أَمْرُ بِعِظَامِ الْكَتِفِ وَالْحَوْضِ

عظام جشيمة الأفعى أكثرهما رطوبة  
التماسيح: يخزن في قعر سكر  
الرايس عند ابتلاع  
الأفعى حيوانا  
أكبر من  
رأسها.

العمود الفقاري في  
الأنواع يتطوّر على  
نحوه.

१०१



الجلد





# العَضَلَات

## التَضَلَّات البَشَرِيَّة

يحتوي جسم الإنسان حوالي ٦٦٠ عضلة إرادية، يُشرك فيها منذ ولادته من اللحم. يُؤمِّر لها الأكسجين والغلوكوز. والعضلات تُشكِّل بالانقباض، فتُعيد الجسم بحوالي أربعة أضعاف طاقته الحرارية.



الحركات التي يقوم بها زوج واحد من العضلات قليلة جدًا؛ فمعظم الحركات تقتضي عمل عدة عضلات معًا. فالبعض مثلاً، يتخلل عمل ستة عضلات على الأقل.

عضلة إرادية بشرية

ثلاثة عضلات

ذات الرأسين

ثلاثة الرؤوس

## لويجي غلفاني

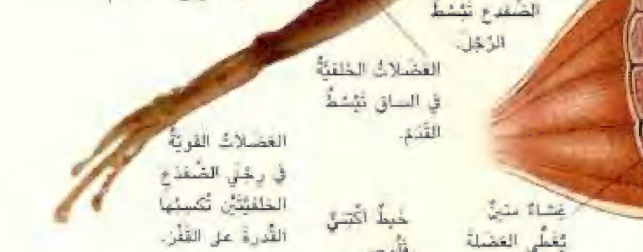
عالم التشريح الإيطالي، لويجي غلفاني (١٧٣٧ - ١٧٩٨)، اكتشف عرضاً أن رجلي ضفدع ميت تتقلص عند تعليقهما في إطار حديدي بديابيس نحاسية. فحسب غلفاني أن عضلات الضفدع هي التي ولدت الكهرباء التي سببت التقلص. لقد كان صحيحاً في ذلك أن الكهرباء تسببت في تحريك العضلات؛ لكن تولد الكهرباء، كان نتيجة تفاعل الفلزّين معاً. ونحن نعلم الآن، أن الإشارات الكهربائية في الأعصاب هي التي تسبب انقباض العضلات.



تُكوِّن العَضَلَاتُ حِوَالِي نِصْفِ وَزْنِ الجِسم، وهي التي تُحرِّكُه. بِانقباضها تستطيع العَضَلَاتُ الشَّدَّ سَحْبًا لَا دَفْعًا. لِذَا، فمعظم العَضَلَاتِ مُنظَّمَةٌ أَزْوَاجًا أَوْ مَجْمُوعَاتٍ تَسْتَطِيعُ الشَّدَّ فِي أَتْجَاهَاتٍ مُضَادَّة. فِي الفَقَّارِيَّاتِ (ذَوَاتِ العَمُودِ الفَقْرِي) ثَلَاثَةُ ضُرُوبٍ مُخْتَلِفَةٍ مِنَ العَضَلَاتِ. فَالْإِرَادِيَّةُ (أَوْ الهَيْكَلِيَّةُ) مِنْهَا مُحَظَّطَةٌ غَالِبًا وَتَرْتِيبُهَا بِالْعِظَامِ أَوْ تَارَةً مَتِينَةً، وَهِيَ عِنْدَمَا تَنْقُضُ تُحرِّكُ جُزْءًا مِنَ الجِسم. هَذِهِ العَضَلَاتُ نَحْسُسُهَا بِسُهولة لِأَنَّهَا إِرَادِيَّةٌ تُحرِّكُهَا مَتَى شِئْنَا. أَمَّا العَضَلَاتُ الَّلَاإِرَادِيَّةُ فَمَلْسَاءٌ تُوجَدُ فِي القَنَاةِ الهَضْمِيَّةِ وَالْأَوْعِيَةِ الدَّمَوِيَّةِ. وَهِيَ مُهِمَّةٌ فِي عَمَلِيَّةِ التَّمْعِجِ لِتَحْرِيكِ الطَّعَامِ وَالسَّوَائِلِ فِي الجِسم. أَمَّا النُّوعُ الثَّلَاثُ فَمُحَظَّطٌ لِإِرَادِيٍّ، وَتَمَثَّلُ بِعَضَلَةِ القَلْبِ فَقَطْ الَّتِي تَعْمَلُ تَلْقَائِيًّا، انقباضًا وانسَاطًا، بِانْتِظَامٍ دُونَمَا كَلِّل.

## تنفيذ الحركة

حَالَمَا يَهْمُ الضَّفَدُ بِالْقَفْزِ، يُبْرِقُ الدِّمَاغُ إِشَارَاتٍ عَبْرَ أَعْصَابِهَا إِلَى عَضَلَاتِ رِجْلَيْهَا، فَتَنْقُضُ الأَلْيَافُ العَضَلِيَّةُ تَوًّا وَتَبْمُ عَمَلِيَّةُ القَفْزِ. بَعْضُ الأَلْيَافِ العَضَلِيَّةِ يَتَلَصُّ بَيْنَهَا يَسْتَرْخِي بَعْضُهَا الْآخَرُ حَتَّى وَالضَّفَدُ سَاكِنٌ لَا يَتَحَرَّكُ. وَهَذَا يَبْقَى العَضَلَاتِ مُشَدَّةً (سَوِيَّةُ التَوْتَرِ) وَيَحْفَظُ الجِسمَ ضَمِيمًا بَنِيْقًا، التَّوْتَرُ العَضَلِيُّ السَّوِيُّ مُهِمٌّ جَدًّا فِي أَجْسَادِنَا نَحْنُ أَيْضًا، وَتَحْسُنُ بِالتَّمْرِينِ المُتَعَدِّين.



## انقباض (أو تقلص) العضل

تحتوي اللييفة العضلية غشائين من يورينين مختلفين هما الأكتين والميوسين، يتألف كل منهما من خيوط منفصلة موصلة في طبقات متراكبة. فقد استرخام اللييفة العضلية تراكب خيوط الأكتين والميوسين قليلًا. أمَّا إذا امتزجت اللييفة بإشارة كهربائية من غش، فإن خيوط الميوسين تتحدث لحو خيوط الأكتين فتزلي عابرة بعضها بعضًا فتتضر اللييفة العضلية وتقلص العضلة.



بُنِيَّة العَضَلِ تتألف العَضَلَةُ مِنَ الأَلْيَافِ مُتَعَدِّدَةٍ مُتَعَدِّدَةٍ فِي حُجْمٍ. كُلُّ لَيْفَةٍ عَضَلِيَّةٍ هِيَ خَلِيَّةٌ وَاحِدَةٌ وَالْخَلَايَا العَضَلِيَّةُ عِزٌّ عَادِيٌّ لِأَنَّهَا تَحْرِي عِدَّةً تَوًّا، وَقَدْ تَجَاوَزَ السَّبْمُزَ طَوْلًا، وَتَتَألف الأَلْيَافُ (الْخَلَايَا) مِنْ خِيوط أَضْعَفُ تُدْعَى اللَّيِّنَاتِ، تَحْرِي كِيمَاوِيَّاتٍ يَتَرَكُّ بَِعْضُهَا عِبْرَ بَعْضٍ فَتُسَبِّبُ انقباض العَضَلِ.

تتألف الأَلْيَافُ (الْخَلَايَا) مِنْ خِيوط أَضْعَفُ تُدْعَى اللَّيِّنَاتِ، تَحْرِي كِيمَاوِيَّاتٍ يَتَرَكُّ بَِعْضُهَا عِبْرَ بَعْضٍ فَتُسَبِّبُ انقباض العَضَلِ.



تتألف من خيوط متشددة (كوتينيل) سيبيل



## انقباض العضل

إِذَا رَفَعْتَ وَزْنَ ثَقِيلًا، فَمَرَعَانِ مَا تَتَغَبَّ ذَوَاعِكَ. لَكِنْ عِنْدَمَا تَنْقُضُ عَضَلَةَ القَدَمِ فِي البَطْلُونِ الَّتِي تَمَسُّكُ بِهَا فِي نَوْعِهِ، فَإِنَّهَا تَتَغَبَّلُ دُونَمَا حَاجَةً إِلَى مُزِيدٍ مِنَ الطَّاقَةِ لِتُظَلَّ مُتَقَلِّصَةً؛ رُغْمَ أَنَّهَا تَحْتَاجُ طَاقَةً لَمَّا لَئِكَ الانقباض. وَهَذَا ضَرْبٌ خَاصٌّ مِنَ العَضَلَاتِ الإِرَادِيَّةِ يُسَمَّى العَضَلُ القَائِظَةُ.

مزيد من المعلومات انظر
الخلايا والبقايات من ١٥٠
البروتينات من ٣٢٤
البروتينات من ٣٢٨
الخلايا من ٣٢٨
الدورة الدموية من ٣٤٩
الحركة من ٣٥٦
الأعصاب من ٣٦٠



# الحركة

الحركة من خصائص الحياة - حتى وأنت تجلس ساكنًا دون حراك، فإن الحركة مستمرة في أجزاء من جسمك. فالقلب يخفق لضخ الدم حول الجسم، والطعام يحرك عبر جهازك الهضمي. هذا النوع من الحركة لإرادي يتم دون تدبير منك. والإنسان، كما سائر الحيوانات الأخرى، يستخدم الحركات الإرادية لتحريك جزء من جسمه، أو لانتقال بكامل جسمه من مكان إلى آخر. وتعتمد طريقة تنقل الحيوان على شكل جسمه وحجمه ونوع بيئته. نسيبًا، الحيوانات الصغيرة أسرع تحركًا من الحيوانات الكبيرة لأنها تولد قدرة أكثر بالنسبة إلى وزنها. فلو كان الضرسور بقد الإنسان، فإن سرعته بالنسبة المقياسية ذاتها، تبلغ ١٤٠ كم/سا.

## الحركة في النبات

بعض النباتات، كالأحويان، تنفتح أزهارها مع شروق الشمس وتغلقها عند المغيب. وتحدث حركة التورم بفعل تغيرات الضغط داخل خلايا النبات. والنباتات الأوراق النباتية، كما في اليوسم ونباتات أخرى من فصيلة البسلي، هو تظهر فتاح آخر من مظاهر حركة التورم.



الأحويان (يوسم برييس) تفتح أزهاره عند غروب الشمس.

## أثر مسار القوقع

القواقع والزوايا ذات قدم أحادية ماصحة بتحمية الشكل. القدم العضلية تنقبض تدرجياً فتزحف الحيوان فتمًا. وتغرز القوقع لمخاطًا لزجًا يمكنه من التمسك بالسطوح الخشنة والتحرك فوقها.



قوقع البساتين (هليكس أسترأسا)

## التشنج

نحن نبلغ لقم الطعام إرادياً بتقليص عضلات في مؤخرة الفم. أما حركتها في المريء وسائر فتاة الهضم، فتجري لإرادياً بالتشنج. ويتم ذلك بانقباض العضلات دورياً لدفع محتويات القناة الهضمية على امتدادها وتزججها بالمضاربات الهاضمة.



تنقبض العضلات دورياً فتدفع الطعام فتمًا. وتدفق الطعام فتمًا. تدفع من الطعام

يحدث التشنج غشياً عندما ترفض المعدة الطعام فيمحشل القوي.

الغفزة حركة واعية بطيئة نسبياً، أما الغفزة فحركة تلقائية سريعة جداً تنطفئ المفئذتين، وتحشي العين.

## تعبير الوجه

التعبير الوجهية، كالدموع أو الابتسام، هي حركات دفيعة إرادية يشارك بها أكثر من ٣٠ عضلة مختلفة. ورغم أنها إرادية، فإننا نقوم بها غالباً دون تفكير.



## السير على الأرجل

خوات الأرجل من الحيوانات تحرك أرجلها بنسق معين. فالإنسان يحرك رجله بالتناوب. ويسير الفهد بتحريك الرجل الأمامية اليمنى مع الرجل الخلفية اليسرى، ثم الأمامية اليسرى مع الخلفية اليمنى على التوالي. لكنه في العدو السريع يحرك رجله الأمامية اليمنى مع الخلفية اليسرى معاً.



يرتفع ذيل الفهد مشعراً وتذولا بلولابة حركة أرجله.



تمسك أرجل الفهد بالكامل حتى تكاد تكون أفقية، ويتقوس عموده الفقري سقيلاً. فهيكل الفهد ذو مرونة غير عادية.



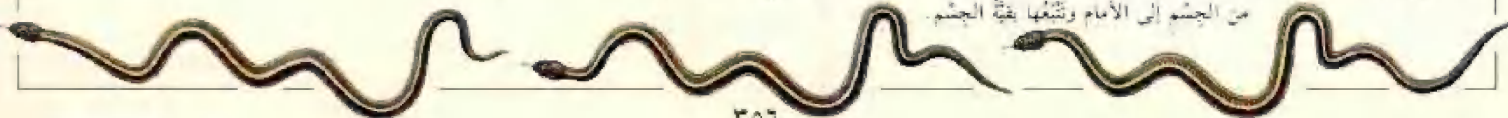
الفهد (اسينوليكس جوبابوس) اشرع الحيوانات البرية. فقد تبلغ سرعته حوالي ١١٠ كم/سا بقفزات سريعة طويلة (حوالي ٧ أمتار).

## التحرك بدون أرجل

تحرك الثنات بطري أربع مختلفة. في الطريقة الأكثر شيوعاً، تتحرك الحية بحركة ثنائية، وتمسك الحوايا على الأرض فتندفع الأمام فتمًا. في الأمامية الضيقة، تثبت الأمامي ذيلها في الأرض، وتمسك جسمها إلى الأمام. ثم يتبع الذيل بحركة تموجية طويلة (أكوردونية). أما الحيات القليلة فتزحف في خط مستقيم. يرتفع وتحلص خرافيف بطونها. وتحرك بعض الحيات (الرميلة النوبل خاصة) بحركة تلو جايي، فتزحف ليات من الجسم إلى الأمام وتتمها بقية الجسم.

تتحرك هذه الحية غير الشاذة الصفراوية التخطط (أمنوس بيرتالس) بشعج أفواني.

العمود الفقري يتقوس إلى أعلى ينتدّم رجلا الفهد الخلفيتين أمانا قدر المستطاع، وتكونان جاهزتين للغفزة التالية.





## الطيران والسباحة

الطيران والسباحة وسبلنا الحركة غير مائعتين مختلفتين تمامًا. تطير الحيوانات أو تسبح يدفع المائع إلى الخلف، فتدفع هي بقوة رد الفعل في الاتجاه المعاكس - إلى الأمام. إن كثافة الجسم في معظم الحيوانات السباحة مساو تقريبًا لكثافة الماء حولها فلا ترتفع ولا تغوص. أمّا في الحيوانات الطائرة فالجسم أكثر من الهواء بكثير فلا بد لها من استخدام أجنحتها في تحليقها كما في تحريكها.



الجاذبية تدفع إلى أسفل

### الطيران الانسيابي

جناح الطائر، منبسطًا، أشبه بسطح المياريّ رافع، يتدفق دُفعًا من أسفل إلى أعلى عندما يسري الهواء من فوقه. أثناء طيرانه الانسيابي، تُشدّ الجاذبية الطائر سفلاً، والرفع يدفعه صعودًا. تعتمد الطيور على الطيران الانسيابي لتقطع مسافات طويلة بجهد قليل، بخلاف في الهواء الدافق الصاعد.

### التوجيه أثناء الطيران

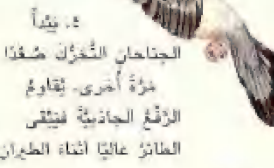
كثير من الحشرات الطائرة لها زوجان من الأجنحة. أمّا الطنّان (البوع بيلوا) وذباب المنازل فلها زوج واحد فقط. وقد تطوّرت الجناحان المختلفان إلى عضوين ذويين وظيفتين. يُعرفان بالنبؤسي التوازن. فهما، بتدليهما أثناء الطيران، يتجان إشارات عصبية تُقي الحشرة في مسارها المحدّد.



ذئبوس التوازن  
يساعدان الذباب  
المليّثارة في الحفاظ  
على توازنها أثناء  
الطيران.



ذئبوس التوازن  
يساعدان الذباب  
المليّثارة في الحفاظ  
على توازنها أثناء  
الطيران.



الطنّان  
الذئبوس  
الرفع يدفع إلى أعلى  
الجاذبية تدفع إلى أسفل



الطنّان  
الذئبوس  
الرفع يدفع إلى أعلى  
الجاذبية تدفع إلى أسفل

### الطيران الحفاق

يُوفّر الطائر جناحيه سفلاً وحلقاً ليطلق في الهواء، وبانطلاقه يتولّد الرفع يربط الهواء فوق جناحيه، فيض مُرتفعًا. وإذا توفّقت الطائر عن المرتفعة تتباطأ سرعته فيتناقص الرفع ويبدأ بالهبوط. تستخدم الطيور الطيران الحفاق للإطلاق بسرعة أو لإتخاذ اتجاه مُعيّن.

### السباحة

تسبح السمكة بدفع الماء برعايفها أو بكامل جسمها. الأسماك العُشورية في معظمها، ككَلْب البحر هذا، تُنتج أجسامها في السباحة. أمّا الأسماك العُشورية كالكَمَك الذهبي (سمك الخواص المائية) فتدفع غالبًا بالذيل والرعايف الصدرية فقط، مُستخدمة الرعايف الأخرى للتحريك. بعض الأسماك كالثور والاششوري مُزوّدة بمجموعات عضلية خاصة تُستخدمها في السرعات المُفاجئة.



السباحة  
الرفع يدفع إلى أعلى  
الجاذبية تدفع إلى أسفل

### الدفع الثقات

بحري جسم الحبار الكبير (السيدح) تجريًا مائيًا بالماء عادة. يستطيع الحبار تقلص هذا التجويف بسرعة فائقة فيجس الماء خارجًا غير متدفق متغير. وباندفاع الماء غير هذا المتدفق، يتدفق الحبار في الاتجاه المعاكس. ويغيّر الحبار اتجاهه بتغيير موقع مثقته. وبطريقة الدفع الثقات هذه تتحرّك الأخطبوطات والسيدحات الأخرى.



السباحة  
الرفع يدفع إلى أعلى  
الجاذبية تدفع إلى أسفل



الرفع يدفع إلى أعلى  
الجاذبية تدفع إلى أسفل



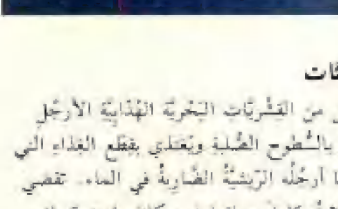
الرفع يدفع إلى أعلى  
الجاذبية تدفع إلى أسفل



السباحة  
الرفع يدفع إلى أعلى  
الجاذبية تدفع إلى أسفل

### التقلُّ الهوائي

الهلاميات المشعّبة المُكوّرة الخوفية عديمة الأرجل والرعايف. وهي لتقلُّ بحليّ هذابات شعريّة مشعّبة التَّنق تعمل كالمجاديف، وهي تُستخدم هذه الهدب أيضًا لالتقاط قاتمة على مقربة من سطح الماء.



السباحة  
الرفع يدفع إلى أعلى  
الجاذبية تدفع إلى أسفل



السباحة  
الرفع يدفع إلى أعلى  
الجاذبية تدفع إلى أسفل

### اللاطئات

الزئبق من القطرات البحرية الهداية الأرجل يلتصق بالسطوح العلية ويغذي بقطع الغذاء التي تجتمعها أرجله الرشيّة الضاربة في الماء. تقضي الزئبقات كامل حياتها في مكان واحد كسائر الحيوانات اللاطئة، لكنّ يرقاتها تتقلّب ساحة أو متحرقة من مكان إلى آخر.

١. يُقلّص كَلْب البحر الشايح العضلات في جانبي الجسم عندورة، فينتفخ الجسم من جانبٍ لآخر.



## الحواس

الحواس هي نوافذنا على العالم من حولنا - فكل ما نعرفه الشخص عن بيئته يأتيه عن طريق عيَّته (البصر) وأذنيه (السمع) وأنفه (الشم) ولسانه (الدوق) وجلده (اللمس) - إضافة إلى جسده الداخلي الأحشائي الذي يشعره بالجوع أو العطش أو المصم مثلًا. فأعضاء الحس على اختلافها، ترسل دَفَقًا من المعلومات عبر الأعصاب إلى الدماغ، الذي يتلقى الإشارات ويردُّ بالاستجابة المناسبة لها. وتعتمد الحيوانات المختلفة على حواس مختلفة تبعًا لطرائق حياتها. فبعضها، كالقطط، يتميز ببصر ثاقب وسمع موهف؛ في حين تتميز حيوانات أخرى، كالكلاب، بحاسة شم حادة. هذا وتتعرف بعض الحيوانات محيطها بإحساسات الضغط والحرارة وحتى الكهرباء.



جملة حواس

يتكلم الناس في العادة عن حواس خمس والواقع أن الحواس أكثر من ذلك بكثير؛ فالشمس وحده يشمل عدة حواس - إذ إن نهايات الأعصاب الخاصة في الجلد حساسة للضغط والألم والحرارة والبرودة. كما إنك تجس بمواقع فراغيك ورجليك وأوضاعها - إضافة إلى حس التوازن الذي يملكه متصفا.

### الكلب الهليّة

في الظلمة، قد تدور في المنزل ماذًا فراغيك أمامك لتتحس طريقك. والحيوانات الأخرى، كهذا الشبم الفتراني (هشرغس أريكوستراليس)، تتحس طريقها بجلدها الهليّة - وهي شعرات جانية طويلة في مقدمة راسي الحيوان تعمل كغصن لمس بتحس العوائق في طريق الحيوان قبل الإلتزام بها.



### الإحساس بالحركة والضغط

الكثير من أعضاء الحس قادر على اكتشاف الحركة والضغط - لمسًا أو ضربة أو دُذبات. فجسم الجندب في معظمه حساس للشم، وبه أيضًا خلايا حساسة للذبابات في الأرض، فتنبهه لتفقر متبعًا من طريق حيوان داني. والظن شكل آخر من أشكال الضغط بتحس الجندب عبر أذنيه.



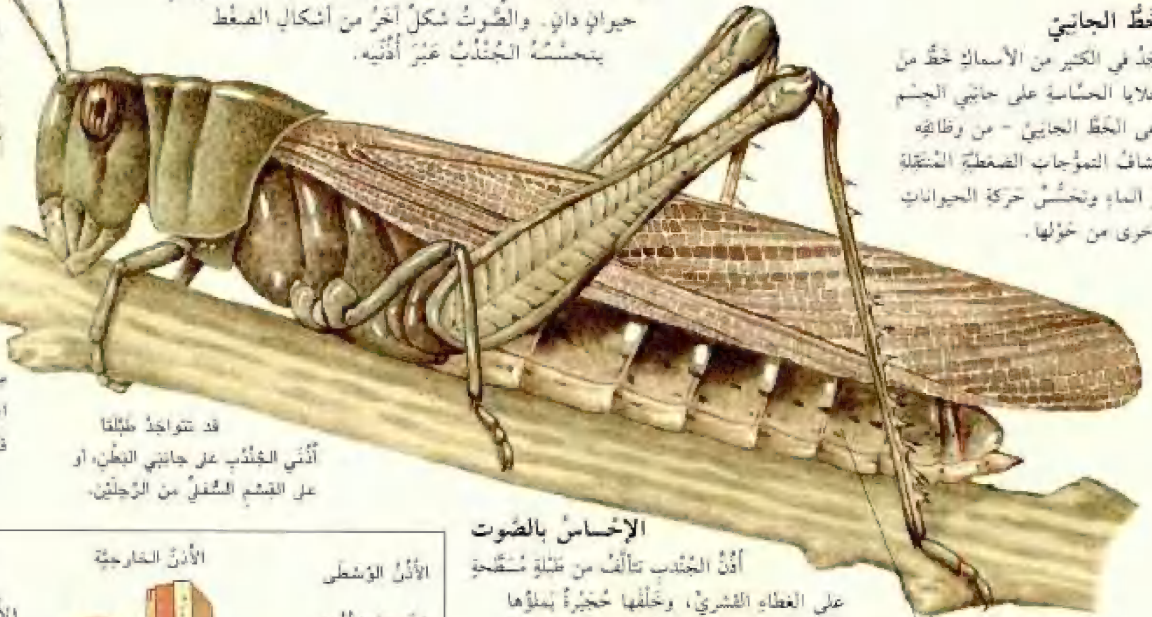
خط جانبي على جانبي الخنثاء

### الخط الجانبي

يوجد في الكثير من الأسماك خط من الخلايا الحساسة على جانبي الجسم يُدعى الخط الجانبي - من وظائفه اكتشاف التغيرات الضخمة المتغيرة عبر الماء وتحس حركة الحيوانات الأخرى من حوله.

### الإحساس بالضوء

عيّن الجندب مَعْلَقَات التركيب ثالوث واجدتها من عيّنات متعدّدة مستقلة الغدسات، فتنبه ضوّرًا دقيقة فتنبهات الشم يُوجدها الجندب ليري العالم من حوله. أما عيّن الإنسان فتعملان بطريقة مختلفة. فكل عين تحوي عدسة واحدة تركّز الضوء على سارية مقوّمة من الخلايا العصبية الحساسة للضوء (تدعى الشبكية) فتكوّن صورة واحدة فقط.



قد تتواجد طليقا أذني الجندب على جانبي البطن، أو على القسم السفلي من الرجلين.

### الإحساس بالصوت

أذن الجندب تألف من قنبلة مسطحة على الغطاء القشري، وحلفها حجرة يملؤها الهواء. عندما تذبذب الأمواج الصوتية القنبلة، تتحس الخلايا المتصلة بها تلك الذبذبات وترسل إشارات بها إلى الدماغ. أما الحشرات الصغيرة، كالذباب الصغيرة والغرض، فتستطيع كشف الصوت بقرني الاستشعار لديها.

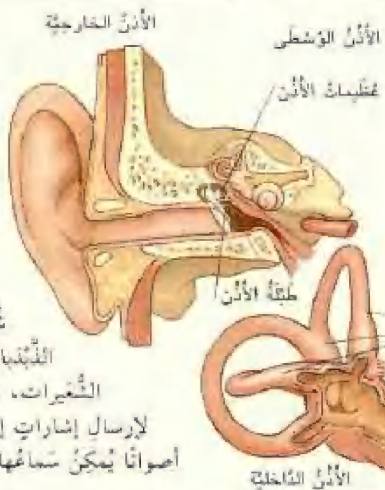
خلايا حساسة حول المفصل بين صفايح الجسم.

### مجاتات الجسم الجسدية

ترتبط الصفايح الضلّة حول جسم الجندب بمفاصل مرنة. وكل مقصلي مرزوق بخلايا خاصة على كلا جانبيه؛ وهي إما مُنقطة أو مُنتقة، تبعًا لموضع المقصلي. هذه الخلايا ترسل إشارات إلى الدماغ، لتحس الجندب بواسطتها وضعية جسده. ولدى الجندب أيضًا ككل الحيوانات تقريبًا، خلايا أخرى تكيف شد الحادية يسمين بها الإجابة إلى فوق.

### أذن الإنسان

الأذن الخارجية في الإنسان توجّه الأمواج الصوتية إلى القنبلة فتجعلها تذبذب. فتنتقل العظيّمات الثلاث الدقيقة في الأذن الوسطى المُنقطة إلى القوقعة، التي تحوي سائلًا وخلايا ذات شعيرات خاصة. فتنتقل الذبذبات عبر السائل مُحركة الشعيرات، ومُستحثة الخلايا العصبية لإرسال إشارات إلى الدماغ. والدماغ يُجيبها أصواتًا يُمكن سماعها.



القنوات المصطف الدائرية في الإنسان تحفظ توازنه.

القوقعة

الأذن الداخلية



## الدُّوقُ والشَّم

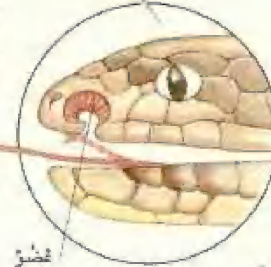
تُستخدم الحيوانات حاشتي الدُّوق والشَّم لكثف الكيماويات. فعندما تذوق شيئاً تتأثر مجموعات من الخلايا المُهذبة على اللسان، تدعى خَلِيَّات الدُّوق، بالكيماويات المُذابة في الماء أو اللعاب وتُرسل إشارات عصبية بها إلى الدماغ. وكذلك حين نشم تتأثر خلايا في أعلى الأنف بالكيماويات المُذابة في بطانة الأنف الرطبة. خَلِيَّات الدُّوق حساسة لِقُطُوع الحُلُم والمُر والحامض والمالح فقط. أما النكهات والمذاقات المُتعددة الأخرى فهي مزيج من هذه المذاقات الأربعة. حاشتا الدُّوق والشَّم مترابطتان يُتَمَمَان بعضهما، لذا يتعدّر على المزمزم تمييز نكهات الأطعمة المُتقاربة.



أفعى (فثيرابريس)

### الشَّم

بعض الحيوانات تُستخدم الروائح للعثور إرسلًا واستقبالًا، فتترك الكلاب، مثلاً، ورائحتها لتحدد مناطق نفوذها، أو يُشعر الكلاب الأخرى برؤسها. وهي تُستخدم حاشية الشَّم لاستيعاب «صورة» عن العالم من حولها.



مُضَو جاكوتشون

### عَضُو جاكوتشون

تتشمس الحية الروائح المُختلفة في لقمة في سقف الفم تدعى عَضُو جاكوتشون. تُلَوِّح الأفعى لسانها لتألف الكيماويات من الهواء، ثم تُضغط طرف لسانها المشقوق في عَضُو جاكوتشون، المنقلّ بحلايا خاصة تمييز الكيماويات المُلتصقة من الهواء.



### الدُّوق

خَلِيَّات الدُّوق المُختلفة على



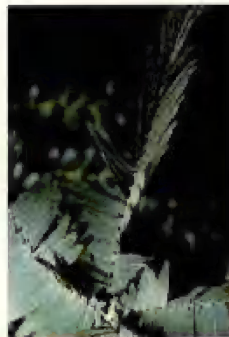
لسان الحيوان تتخس

المذاقات المُختلفة كالخلو والحامض. وتُمكن حاشية الدُّوق الحيوان من تفرير ما إذا كان الشيء صالحًا للأكل أم لا، فيختار الملائم من الأطعمة ويتجنب الضار أو السام منها.

لتراخى عظم خَلِيَّات الدُّوق في لُحْم دقيقة على سطح اللسان.

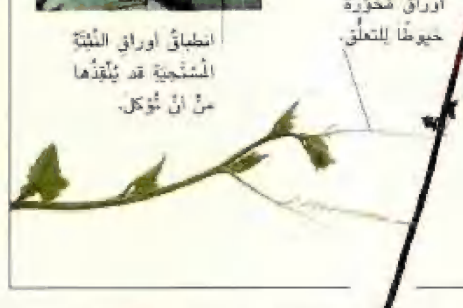
## الجس في النبات

ليس للنباتات أعضاء جس خاصة، لكنها تستطيع الاستجابة للبيئة حولها، فجميع النباتات حساسة للضوء والجاذبية، وبعضها يتخس أيضًا الأجسام المُجاورة، فالثبته المُستجيبة (ميموزا بوديكا) مثل جيد على هذه الاستجابة إذ سرعان ما تنقلب أوراقها عندما تَسُش، وهُجس، غَمّ النباتات المُعترشة الأنياء، فتستجيب بتعليق الثبته بالانفاف حول الدعامة التي تُسها.



غُلم (أو تعاليلق) المُعترشات، كالثبته اليسر هذه هي أوراق شجيرة خيوطًا للتعليق.

انطباق أوراق الثبته المُستجيبة قد يُلقأها من أن تُؤكل.



### تقدير المسافات

الكثير من الحيوانات، بما فيها الإنسان، يُبصر بالعَيْنين بما يُتيح لها تقدير المسافات، لأن العَيْنين الاماميّتين التوجّه تكونان صورتين مُحيلتين قليلًا للجسم ذاته. هذا العنكب العفأ الضليل القذ (السومائز فريديس) له أربعة أزواج من العيون الكبيرة، بعضها يتجه جانبياً، لكن زوجاً منها أمامي التوجّه، فيمكن العنكب من تقدير بُعد الفريسة قبل القفز لالتقاطها.

قُرنا الاستشعار في جعل الحراج يُشتران كالزوجة.



### اجتذاب القرين

إنث الحشرات غالباً ما تُعرف الذكور بإواقعها بابتاعات كُتَيَات ضئيلة من الكيماويات، تدعى الفيرومونات، تُنتشر في الهواء، ولما كانت ذكور النوع حساسة لهذه الفيرومونات، فإنها تتبع مصاريحها لإيجاد الإناث والتزاوج. ويتخس الذكور من جعل الحراج (ملونتا ملونتا) فيرومونات الإناث بفرني استيعاره المُرتشش.

### المجالات الكهربائية

الإنصار في الماء المُوجلة مُتعدّر للغاية. تغض الأسماك من نوع جُتاروكوس تيلوتيكوس، تستخدم مجالاً كهربياً، تولده حوّلها عضلات خاصة فيها. فإذا ما اضطرب المجال، تستطيع السمكة تعرف المُسبب، حثماً وموقعاً.

### لزيد من المعلومات انظر

- إحداث الشوت وسماحه ص ١٨٢
- الإنصار ص ٢٠٤
- المفصلات ص ٣٢٢
- الأسماك ص ٣٢٦
- الجلد ص ٣٥٤
- الحركة ص ٣٥٦
- الأغصان ص ٣٦٠
- الدماغ ص ٣٦١



# الأعصاب

حينما تتناول هذه الموسوعة لتقرأ، تحصل أشياء كثيرة بسرعة فائقة. فذراعاك تنهان لحمل الكتاب ورفع به بالقوة المناسبة. وتنقبض عضلات ظهرك حتى لا يسقط جسمك إلى الأمام، كما تتكيف عضلات عينيك للتركيز على الصفحات أمامك. وكل هذه الترتيبات يتم بفضل الأعصاب. تتألف الأعصاب من حزم طويلة من الخلايا الرفيعة، تدعى العصبونات، تنقل الإشارات الكهربائية بسرعة: فالعصبونات الحسية تنقل الإشارات من مختلف أجزاء الجسم إلى الدماغ أو إلى الشخاع الشوكي. والعصبونات المحركة تنقل الإشارات من الدماغ أو الشخاع الشوكي إلى العضلات لجعلها تنقبض. ويربط بين هذين الضربين من الخلايا عصبونات مختلفة رابطة، إرسالا واستجابة، تبث الرسائل إلى الدماغ وتعيد الدفقات العصبية إلى العصبونات المحركة.

إذا تألّى إصبعك بشوكة أو شيء ساجن تنقل الإشارات إلى الشخاع الشوكي، لا إلى الدماغ، من أجل رد فعل فائق السرعة.

١. يتّجّز الألم العصبوني الجسدي ليُبثّ إشارة.

## كيف تعمل الأعصاب

في جهازك العصبي ثلاثة ضروب من العصبونات (الخلايا العصبية). فإذا لمست شيئا مؤلما، يتحسّن الألم عصبون جسدي، فيرقي هذا إشارة كهربية إلى عصبون ربط في الشخاع الشوكي. وبدوره يمرّ عصبون الربط الإشارة إلى واحد أو أكثر من العصبونات المحركة، فتعيد عليه يدك عن مصدر الألم. ويدعى هذا الضرب من رد الفعل الفائق السرعة منعكسا.

**الجملة العصبية في الإنسان**  
تألف الجملة العصبية في الإنسان من الجهاز العصبي المركزي (الشخاع الشوكي والدماغ) والأعصاب المحيطية. ويُنقل الدماغ كل ما يقوم به الجسم. تغض الجملة العصبية إرادتي يمكن التحكم به، والباقي يعمل تلقائيا، بحيث يتنظم عمل الجسم سلسا دون تدخلك.

**أعصاب الحشرات**  
الجملة العصبية في الحشرات أبسط منها في الحيوانات العليا. فتألف من دماغ ونجمعات من العصبونات، تعرف بالعقد العصبية. يترابط بعضها مع بعض بواسطة صفوف من الألياف العصبية.

للمزيد من المعلومات انظر:  
الدبدان ص ٣٢١  
المفصليات ص ٣٢٢  
البيئة الباطنية (في الأحياء) ص ٣٥٠  
العضلات ص ٣٥٥  
الحواش ص ٣٥٨  
الدماغ ص ٣٦١

## الشبكات العصبية

أعصاب الدودة المسطحة تنشر عبر جسمها في شبكة مترابطة. وتبث الأعصاب إشارات تجعل جسمها يتقلص متوجهاً فيسكنها السباحة.

دودة مسطحة ثنوازية التحطيط (بروشسيرايس فيفانوس) جذبة (جرادة) في الخشب

## الأعصاب العملاقة

دودة الأرض (الخرطون) مجهزة بعصبونات عملاقة خاصة تمتد من الذئلي إلى الرأس، وتنقل الإشارات بسرعة تزيد ٥٠ مرة عنها في بقية الأعصاب. فإذا نقر طائر قتل الدودة، تنطلق الإشارات بسرعة على طول الأعصاب العملاقة، فتقبض الدودة نوا.



**الميلين (الشخاعين)**  
بعض العصبونات بلقها غمد دهني يدعى الميلين أو الشخاعين، يزيد من سرعة انتقال الإشارات العصبية فيها وينتج صروب إشارات العصبون الكهربائية - كما العازل اللدائي حول سلك كهربائي. وتُخلَق الميلين خلايا خاصة تلتصق حول المحاور تُسمى خلايا شوان.

٢. تنطلق الإشارة على طول محور (ألياف) العصبون. والمحاور أرفع بكثير من الشفيرة، لكنه قد يكون طويلا جدا: كالمحاور الممتدة على طول الذراعين أو الرجلين.

٣. تنقل الإشارة إلى عصبون الربط فائقة غير أخذ المشاك.

٤. يمرّ عصبون الربط الإشارة عبر شبك (تماس) إلى عصبون محرك.

٥. العصبون المحرك يقلص العضلات، فتتقلص اليد عن مصدر الألم.

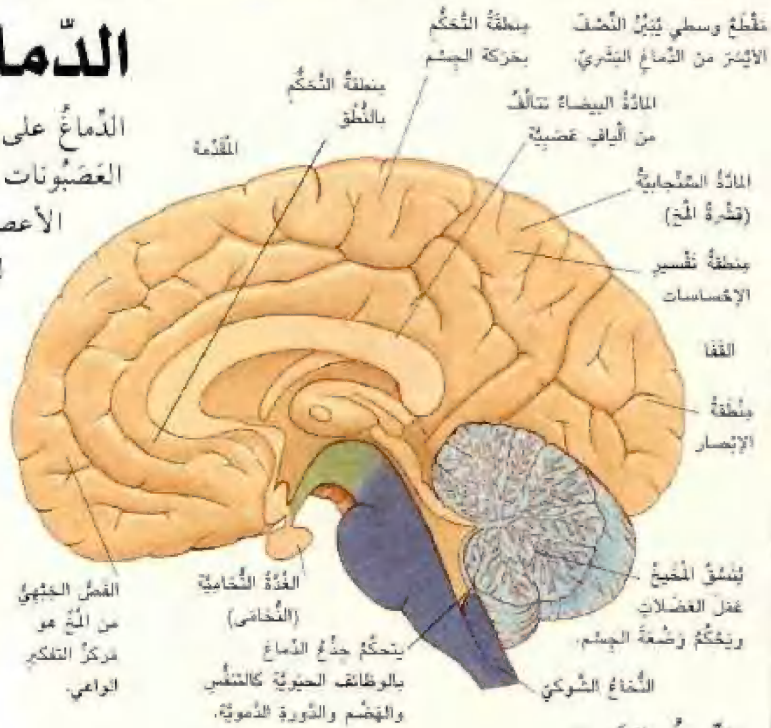
**المشابك**  
تلقي العصبونات في فجوات دقيقة تدعى المشابك تفقر عجزها الإشارات الكهربائية في اتجاه واحد. بعض العصبونات يمرّ الإشارة حال استقبالها بينما أخرى تتعطر وضول غدو من الإشارات قبل ابتعاد دفعة عصبية منها.





## الدماغ

الدماغ على اتصال دائم بكلّ جزء من الجسم، وهو يحوي بلايين العصبونات (الخلايا العصبية) التي يترابط بعضها مع بعض ومع جميع الأعصاب في الجسم. يعرف العلماء الكثير عن العصبونات متفردة، لكن طريقة عمل الدماغ متكاملًا لما تتوصّح لهم. وقد بدأ الخبراء حديثًا يستكشفون طرائق التفكير والتذكّر. ومن المعروف الآن أنّ الدماغ البشري يتقسّم إلى مناطق منفصلة، بعضها يتحكّم بوظائف الجسم العامة، وبعضها يقوم بتنسيق ومساوقة الحركات أو تفهّم الكلمات المسموعة. أنت، في اللحظة، تدرك وتعي ما تقوم به؛ لكن أثناء نومك يتعلّق دماغك الواعي، فتتابع أجزاء أخرى من الدماغ استمرارية العمليات الحيوية ليبتاعك.



### الدماغ البشري

يُقسّم الدماغ البشري إلى ثلاثة أقسام رئيسيّة: إثنان منها، جذع الدماغ والمخيخ، يتحكّمان وظائف الجسم الحيويّة كالنفس والهضم والدورة الدُمويّة والوضعية. أمّا المخ، الأكثر كثيرًا، يشقّيه الأيمن والأيسر فيعالج المعلومات والمعطيات؛ وهو مركز الإدراك والتفكير. يحوي دماغ الإنسان حوالي ١٠٠٠ بليون خلية عصبية عند الولادة؛ ويتضاءل هذا العدد ببطء مع تقدّم السن لأنّ العصبونات تُموّت ولا يُمكن استبدالها.



### دماغ الفصّادع

المخ في الفصّادع صغير نسبيًا، والمخيخ ضئيل كذلك. لكنّ جذع الدماغ يُؤلّف حوالي نصف حجم الدماغ بكامله. الإبصار مهم جدًا للفصّادع لأنّها تُقبض قرائنها بالبصر. فالفصّان البصريّان، رغم أنهما أصغرّ منّا هما عليه في الطيور. يُؤلّفان جزءًا رئيسيًا من مخيّل الدماغ.



### خلايا الدماغ

خلايا الدماغ يُمكن أن تتشابك مع أكثر من ٢٠٠,٠٠٠ خلية مجاورة. وإشارات الخلايا المجاورة إمّا أن تجعل مجموعة من الخلايا تُرسل رسالة معيّنة (كأمر بلع الطعام مثلاً)، أو تتلّعها من القيام بذلك (كأخذ نفس أثناء البلع).



### إيفان بافلوف

إشتهر الفسيولوجي الروسي بافلوف (١٨٤٩-١٩٣٦) بدراساته في المُنعكسات. وكان عارفًا أنّ المُنعكسات (رُدود الفعل التلقائيّة) مُتأصلة لدى كلّ الحيوانات، لكنّه اكتشف أنّ مُنعكسات جديدة يُمكن تعلّمها بالإشراف. فقد علّم الكلاب أن تتوقّع الطعام بعد سماع جرس مُعيّن. وبعد فترة التدريب صارت الكلاب تروّل استجابة لسماع الجرس حتى بغياب الطعام.



### دماغ الأخطبوط

دماغ الأخطبوط من أكثر الأدمغة بيل جميع اللاقناريات. وتُنتج بيليّة يختلف تمامًا عن أدمغة الفقاريات باحتوائه جدّة لفصوص مُترابطة. والأخطبوطات حادّة البصر، والقسم الأكبر من دماغها يعالج الإشارات الواردة من العينين. ولقد أثبتت الاختبارات أنّ الأخطبوطات حيوانات ذكيّة، إذ تُدبّر أمر الوصول إلى الطعام، حتّى ولو نظّلت ذلك نزع السداو من قَبْطِ غاطسة.



### الفريرة والتعلّم

عَلَّمَ العرائش الكبير الذكّر (كلاميديا نوكاليس) بتي تعريشة واحدة من العيدان ويؤتيها مأكلاً زاهية لاجتذاب الفريرة. وهو يقوم بهذا العمل المُعقّد غريزيًا، فوّن حاجة إلى تعلّم. فالفريرة تتعلّم من السلوك الطبيعي الوراثي لا يتعلّم.

لمزيد من المعلومات أنظر
الرُخويّات ص ٣٢٤
الزُيمايّات ص ٣٢٨
الطيور ص ٣٣٢
الخواص ص ٣٥٨
الأعصاب ص ٣٦٠

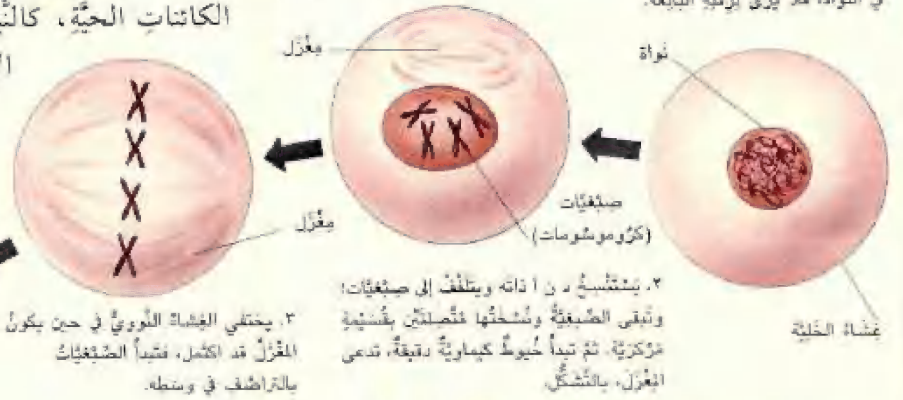


# النُّمُو والتَّطَوُّر

الكائنات الحيّة في مُعْظَمِها تَنُمُو وتُكْبَرُ مع تَقَدُّمِ العُمُر. ولا يَحْدُثُ ذلك بِتَقْصُّمِ الخلايا، بَلْ بِتَكَاثُرِها. فِيعِندَما تَبْلُغُ الخَليّةُ حَجمًا مُعَيَّنًا، تَسْتَنَسِجُ ذاتُها لِتُنتِجَ خَليّتين جَدِيدَتَيْنِ تَتَشَطَّرانِ بِدَوْرَهما لِاحِقًا - وَهَكَذَا تَتَرَاكُمُ الخلايا وَتَنُمُو الكائنُ أَو الكائنات؛ وَيعُرفُ هذا بِالانْتِسامِ الخَلَوِيِّ. بَعْضُ الكائناتِ الحَيّةِ، كالنباتِ، لا يَتَوَقَّفُ عَنِ النُّمُو طَوَالَ حَيَاتِهِ بِمِثْلِ هذا

١. في مُعْظَمِ الأوقاتِ، جِلالَ الفُتُراتِ ما بَيْنَ الانْتِساماتِ الخَلَوِيّةِ، يَتَنَشَّرُ ما في الخَليّةِ مِنْ أ (الْحامِضِ النوويّ الزَيْبِيِّ المُنْقَوِصِ الأكْسيجينِ) في النَوَاقِ، غَلا يَظُنُّ لِرِوْقَتِهِ البالِغةِ.

الانْتِسامِ. لَكِنْ في مُعْظَمِ الحَيَواناتِ بِما فيها الإنسانِ، تَنَقْصِمُ الخلايا بِطَءٍ أَكْثَرَ مَتى اتَّخَذَ الجِسمُ البالِغُ شَكْلَهُ النّهائِيّ.



## الانْتِسامُ الخَلَوِيُّ

قَبْلَ انْتِسامِ الخَليّةِ، يَلْبِغِي أَنْ تُضَاعَفَ الخَليّةُ صِبْغِيّاتها (البَنيّ الخَيطِيّةُ حَامِلَةٌ د ن ا). ثُمَّ تَباعَدُ الطَّبِيعِيّاتِ المُضاعَفَةُ مُكوِّنةً نَوَاتَيْنِ جَدِيدَتَيْنِ - وَيعُرفُ هذا بِالانْتِسامِ الغَينِيّ. عِندَ اكْتِمَالِ انْتِسامِ النَوّاةِ تَنَقْصِمُ الخَليّةُ إلى خَليّتين مُتَعادِلَتَيْنِ تَمامًا؛ وَيَحْدُثُ هذا النَوْعُ مِنَ الانْتِسامِ لِلنَّشَامِي، وَهَناكَ انْتِسامٌ مِنْ نَوْعٍ آخَرَ، يُدْعَى المُتَصَفِّفُ أَوِ الاختِرالِيّ، يَسْبِقُ التَكَاثُرَ الجِنْسِيّ، وَلا يَنْتِجُ خَلايا مُتَعادِلَةً تَمامًا.



## الانْتِسامُ آخَذَ مَعْجَازَها

في هذه الطَّبَقَةِ الرَقيقَةِ مِنْ جَذَرِ بَصْلَةٍ، يُحِيطُ بِكُلِّ خَليّةٍ جِدارٌ خَلَوِيّ. وَالصِبْغِيّاتُ في الخلاياِ الجاري انْتِسامُها ظاهِرَةٌ يَوضُحُ. أَمّا في الخلاياِ الأُخْرى، فَالصِبْغِيّاتُ مُنْتَشِرَةٌ في النَوّاةِ. خَلايا النَباتِ وَالحيَوانِ تَنَقْصِمُ بِطَريقَةٍ مُتَماثلَةٍ، إلّا أَنَّ خَلايا النَباتِ يَلْبِغِي لَها تَخْلِيلُ جِدارِ خَلَوِيّ مِنْ السَّيْلُولُوزِ بَعْدَ تَكَوُّنِها.

## النُّمُو في الشَّجَرِ

تَنُمُو الشَّجَرَةِ بِطَريقَتَيْنِ مُخْتَلِفَتَيْنِ مُتَكَامِلَتَيْنِ. تَنَقْصِمُ الخلاياُ في أَطْرافِ الأغْصانِ وَالجُذُورِ لِزَبْدِها طَوَلاً. وَفي الوَقْتِ نَفِيسَ، تَنَقْصِمُ خَلايا التَكْشِيمِ (الخلايا تَحْتَ اللِّحاءِ) قَريبَ لُحَاةِ الجُذَعِ وَالأغْصانِ.

## البادرات

النُّمُو يَطْلُبُ طَاقَةً كَثيرَةً. وَالبادَرَةُ يُمَكِّنُها النِّماءُ الشَّرِيعُ لِاحْتِوائِها مَخزُونًا عَداثًا في نَسِجٍ يَزرِي يُدْعَى السُّرْبَاءِ. كَما نَحوي أَوْرَاقَ البَيزَةِ (البَلَقَةُ أَوِ المِلْهَفانِ) أَحيانًا، مَخزُونًا عَداثًا إِضافِيًّا. تَنْتِجُ المِلْهَفانُ في الكَثيرِ مِنَ البادراتِ بِسرعةٍ لِإِتاحَةِ المَحالِّ لِتَخْلِيلِ الصَوْتِ.

مَخزُونُ البَيزَةِ مِنَ العَداثِ يُوَفِّرُ لَها طَاقَةً لِإِلتِئاشِ

تَتَكَوَّنُ خَلَقَاتُ النُّمُو بِشَرائِعَ النُّمُو في الرُّبُوعِ وَيُطْلَقُ صَبْغًا، وَأَنوعادِها شِئانًا.



مَعَ تَمامِ الشَّيْءِ، شَقِيقًا أَغْصانُها السَّغِيَّةُ تارِكَةً الجُذَعِ عارِيًا، وَتَزدادُ شَفاةُ الجُذَعِ لَكنَّهُ لا يَمُتُّ ضَعْفًا، وَهَكَذَا يَظَلُّ الشَّجَرُ في مَكانٍ مُعْصِي قَدِيمٍ عَنِ الارتفاعِ ذَاتِهِ.

## الدَّورَةُ الخَلَوِيّةُ

يَنَقْصِمُ الكَثيرُ مِنَ خَلايا جَسَدِكَ نَبْعًا لِجَذُولٍ زَمَنِي ثابتٍ. فَالْخَليّةُ في بَطانَةِ الوُجْهِينِ، مَثالًا، تَنَقْصِمُ مَرَّةً كُلَّ ٢٤ ساعَةٍ قَريبًا. وَليستِ الخَلايا كُلُّها سَريعَةً الانْتِسامِ بِهَذا الشَّكْلِ؛ فَفي بَعْضِ الخَلايا يَتَوَقَّفُ الانْتِسامُ جِلالَ قَترَةٍ زَمَنِيّةٍ طَوِيلَةٍ. أَمّا في الخَلايا العَضَبيّةِ، فَيَتَوَقَّفُ الانْتِسامُ تَمامًا بَعْدَ تَكَوُّنِ الخَلايا في الحَنينِ في الرُّجُمِ.





## النمو والتطور

لا تنقسم خلايا الجسم كلّها بالسرعة نفسها. فخلال نموّك تزداد سرعة انقسام الكثير من خلايا جسدك، وخاصّة في ذراعيك ورجلك، أكثر منها في رأسك. ونتيجة لذلك، يتغيّر شكل وحجم تراكيب جسمك، ويُعرّف هذا بالتطور. والنمو والتطور كلاهما تحكّكهما الهرمونات - وهي مراسيل كيميائية ينقلها الدم إلى مختلف أجزاء الجسم. بعض هذه الهرمونات يشتير هبة النموّ في جسمك بدءاً من عمر ١٢ إلى ١٣ سنة، ثمّ يوقفه تماماً حوالي الـ ٢١ من العمر.

### النمو التطوريّ البشريّ



في الطّفّل الحديث الولادة، الرأس كبير جدّاً والدّماغ والرجلان قصيرتان. الفراشة الامبريئة (لبيداتيس كامبلا) داخل الشرنقة، تتخلّ شعطم خلايا الخابرة اليثروعيّة، وتكوّن الخلايا الجديدة الفراشة الكاملة. في عامه الثاني، تكوّن ذراعاً الطّفّل ورجلاً قد نمّا كثيراً والرجلان الآن تقويان على المشي. بقّة الوزي في المراحل الثانية والخامسة والنيّاع من التحول الناقص. في الخابسة من العمر تكوّن عضلات الذراعين والرجلين قد قويت كثيراً وينقدور الطّفّل الآن المشي أو الركض. في العاشرة، الأطراف الآن اطول، وقد تعلم الطّفّل القيام بالحركات المتكّمة المشبط كالكتابة والتقاط الكرة. في الثالثة عشرة، التغيرات الحارّية كثيرة في الجسم، وهو ينمو بسرعة هائلة لمرحلة البلوغ. يتكامل النموّ غالباً في سنّ العشرين؛ فتوقّف الرأس الآن جزءاً اصغر من الجسم، وتعتدّ بزوغ اصراس العقل (النواحة) احد معالم النّهاية مرحلة النموّ.

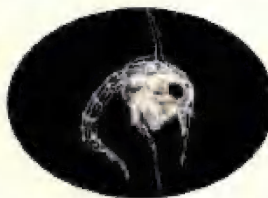
### التحول الناقص

يتغيّر شكل النّوع تدريجيّاً أثناء النموّ، فهي تنفث عذبة الاجنحة والأعضاء التناسليّة. وخلال مراحل النموّ تتسلخ (أي تطرح فشرتها)، ويتغيّر جسمها قليلاً بعد كلّ انبلاخ حتى مرحلة البلوغ بعد الانبلاخ الخامس. ويدعى هذا التحول البطيء في شكل الجسم التحول الناقص. والتحول في الصراصير والتخاديب والجراو هو من هذا القبيل.

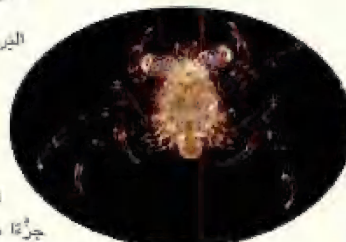


بقّة الوزي في المراحل الثانية والخامسة والنيّاع من التحول الناقص.

الرقانة البدنيّة للشرطان (السلطعون) ذات ذيل طويل وماتى شوكي شقوس في ظهرها، وهي تشرّب الماء بارجلها لتتلقى على فلوّية من المشط.



الرقانة السلطونية التالية الضخمة الغنيّة ذات أرجل مكتملة النمو، تشرّب فيها الذيل وتلاشي التوتة الشوكي. وهي تقضي جزءاً من حياتها في قاع البحر.



الشرطان البالغ ذو ذيل قصير مطوّى تحت جسمه. أرجله قويّة جداً لكيّة شبح شعورّه الرشاقة. وهذا الشرطان (كارسينوس ميناس) شاططي.

### التحول الكامل

في التحول الكامل يختلف شكل الضعاف عن البالغين جذريّاً. فالشرطان يبدأ حياته كيرقانة بدنيّة دقيقة، تطمر مُسماحة لمام البحر. وبعد انبلاخ قشرة الجسم عدّة مرّات، يتحول إلى يرقانة ضخمة الغنيّة تستطيع المشي والسباحة. وأخيراً تتغيّر ضخمة الغنيّة (ميجالوبا) وقشرتها وتغدو سرطاناً صغيراً.



### إنماء الأجزاء المفقودة

إذا جرحت تبدأ خلايا جلدك بالانقسام حتى يتجدد الجرح. هذا النوع من الشفاء يدعى تجديد أو تجلداً. أجسامنا تستطيع تجديد الجلد والعظم فقط، لكن بعض الحيوانات تستطيع تجديد أجزاء بكاملها. كالأرجل أو الذيل، إذا ما فقدت. يستطيع نّوع البخر إنماء رجل جديدة إذا أفضنت إحداها.



#### لمزيد من المعلومات انظر

- النّباتات الزهرية ص ٣١٨
- النّفسانيّات ص ٣٢٢
- نجم البحر والإقنات ص ٣٢٥
- الخلايا ص ٣٣٨
- البيئة الباطنيّة (في الأحياء) ص ٣٥٠
- الوراثيات (علم الوراثة) ص ٣٦٤



# الوراثيات (علم الوراثة)

كل خلية جنسية، ذكورية أو أنثوية، تحتوي مجموعة منفردة من جزيئات د ن أ - أي أنها تحتوي نصف ما تحويه الخلية العادية من الصبغيات.



الخلية المنقسمة (اللاقحة) تحتوي مجموعة مزدوجة من جزيئات د ن أ - أي أنها تحتوي المجموعة المزدوجة العادية من الصبغيات.



كل شكل من أشكال الحياة، من الفيل إلى الطحلبية، مؤلف ومحكوم "بوصفة" كيميائية، تتخذ شكل راموز كيميائي لا تدويني. هذا الراموز تحويه الجزيئات اللولبية للحامض النووي الرباعي المنقوص الأكسجين (د ن أ)، المحتشدة داخل الخلايا في جميع الكائنات الحية. وهذا الراموز الكيميائي معقد جدًا، فهو يشمل في الخلية البشرية الواحدة من ٥٠,٠٠٠ إلى ١٠٠,٠٠٠ تعليمية منفصلة، تدعى جينات، كل منها تحكم صفة مختلفة. الوراثة علم يبحث في سبل انتقال الصفات الوراثية من جيل إلى جيل.



## الصبغيات البشرية

تبين هذه الصورة الصبغيات الـ ٢٢ كلها الموجودة في خلية بشرية واحدة. لقد خرت معالجة الصبغيات بصبغ خاص وزُيّنت أزواجًا (الاحظ صبغين أحمرين في أعلى اليسار من الصورة). لكل نوع من أنواع النبات والحيوان عدد صبغي مميز - بعضها يحوي أقل من عشرة صبغيات بينما تحوي أخرى ما يزيد على الألف.

د ن أ أفقودي أثناء تسليخ الراموز.

بروتيني قليل التجميع

## الاختلافات الظاهرية

هذه النباتات المزهرة قد تبدو متشابهة، لكن كل نبتة فيها ذات د ن أ قريب خاص بها، لأنها تتكوّن بالتكاثر الجنسي. وهذا يكسبها مجموعة من السمات. فقد تكون أعزّ إزهارًا من سواها، أو لعلها تسخر طاقة أكثر لإنماء الجذور. هذه الاختلافات الظاهرية مهمة جدًا، لأنها تعني أن النوع يتطور (يتغير مع الزمن). فنعرض تأثيرات د ن أ الأكثر نجاحًا منسجج جيناتها الأكثر شيوعًا مع تعاقب الأجيال.

## الظفرات

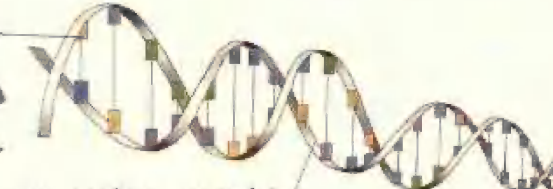
جزء د ن أ طويل جدًا وكثيرًا ما يتعرض للتلوث. وفي العادة، يُسلخ هذا التلوث تلقائيًا. أما إذا كان التلوث شاملاً، فإنه يؤدي إلى تخليق فلفل جديد دائم من الراموز الوراثي تدعى ظفرة. والظفرات التي تحدث في الخلايا الجنسية قليلة الأثر، أما التي تحدث في الأنسج (الأعراس أو الخلايا الجنسية) فيشكل انتقالها من جيل إلى آخر، مُخلقة صفات جديدة في الكائنات الحية.



المفؤ (الكشبة) ظفرة مألوفة في الحيوانات والنباتات. هذا يسحب أيقون من المشاهير الخش.

تترايب القواعد أزواجًا.

يوجد الراموز في الخلية بتجميع البروتينات.



يتخذ جزيء د ن أ شكل لولبي مُدموج مترابط بكميائيات تدعى قواعد. يوجد منها أربعة ضروب - إن شئتُلهذه القواعد يُؤلف الراموز الوراثي للخلية.

كل جزيء من د ن أ يُؤلف بنية حلزونية الشكل تُسمى صبغية. وهناك لشحنتان من كل صبغية - واحدة من الأب وواحدة من الأم.

## الصبغيات والجينات و د ن أ

لواء الخلية تحوي قطعًا متعددة من د ن أ، كل واحد منها تدعى صبغية أو صبغية. والجينة تُعني واحد من الصبغيات فيه التعليمات الوافية لتصنيع بروتين واحد. يقوم د ن أ بتوجيه التعليمات إلى الخلية لتصنيع البروتينات المتعددة المختلفة التي تقتضيها عمل الخلية. ولتحقيق ذلك، "يتفكج زمام" جزء من لولب د ن أ مؤقتًا، ليتمكن استنساخ راموزه. وتنتقل النسخة إلى خارج النواة حيث تُوجّه الخلية لتصنيع البروتين المعين، الذي قد يكون أنزيمًا أو كولاجينًا (بروتينًا جلدًا) مثلاً.

أزهار الباتونج (انتمسج كيا)

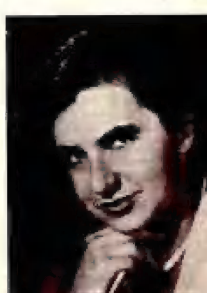


## الجينات والناس

إذا لم تكن نژادًا طبقًا، فانت قريب في تركيبك من الجينات التي تحكم الصفات الوراثية في جنسك، والتي لا يماثلك فيها أحد. أحيانًا الجينة الواحدة تحكم صفة ظاهرة، كلون العين مثلاً. لكن الغالب أن تسهم عدة جينات في ذلك. إن الكثير من الصفات التوروثية تتبدل تبعًا لأسلوب ونمط الحياة. فطوئك مثلاً، يعتمد على نوعيّة غذائك كما يعتمد على جينائك أصلًا.

## رؤالند فرانكلين

تم التقدم الحاسم في دراسة بنية د ن أ، عام ١٩٥٣، على يد الفيزيائي الحيوي البريطاني، فرنسيس كريك (المولود عام ١٩١٦) وعالم الوراثة الأمريكي، جيمس واتسون (المولود عام ١٩٢٨). فقد توصلا



إلى استنتاج أن د ن أ ذو بنية لولبية مزدوجة تغذ دراسة صور بالأشعة السينية ألتقطتها عالمة البلورات البريطانية رؤالند فرانكلين (١٩٢٠-١٩٥٨)، أثناء دراستها لبلورات د ن أ بأشعة أكس. وقد نال كريك وواتسون بالاشتراك مع موريس ويلكنز (المولود عام ١٩١٦) جائزة نوبل للفسيولوجية (أو الطب) عام ١٩٦٢. لكن فرانكلين وافاها الأجل قبل أن يُقدّر فضلها حق قدره.



## الكائنات الحية - كيف تعملُ

الانْتِصَافُ (الانْقِسَامُ الْمُتَصَفُّ)

الانقسام نوع خاص من الانقسام الخلوي ينتج أمشاجاً (خلايا جنسية). وفيه تقسم الخلية عرئين لتنتج أربع خلايا جديدة فردانية الصغيات، أي إن الواحدة منها تحوي نصف كمية ذن أ. الموجودة في الخلية الأصلية. كما إن كلًا من صغياتها جديدة فريدة النمط لأن صغيات الخلية الأصلية تتبادل قطعًا فيما بينها قبل الانقسام مباشرة. وبخلافه للانقسام القضي (الانقسام الخلوي العادي) فإن الانقسام المتصنف ينتج خلايا ذات تعليمات وراثية جديدة. ويدعى المشج الأنوي عادة البويضات (أو البيضة)، والمشج الذكري النطفة.

چریچور منڈیل

مبتدئ (۱۸۸۴-۱۸۲۲)

رَاهِبٌ نِسَاوِيٌّ وَعَالِمٌ  
 نَبَاتٌ اكْتَشَفَ كَيْفِيَّةَ انْتِفَالِ  
 الصُّفَاتِ بِالْوَرَاثَةِ . فَقَدْ  
 أَجْرَى بَصِيرَةً لَأَوْفَى آلَافِ  
 الشَّجَارِ عَلَى ثَبَاتِ

البسلي، بإحضاب أصول  
تعيته تهجينا ودراسة النتائج  
سيلة. فوجد أن الوراثة لا

تَحَلَّتْ بِمَرْجِ الصَّفَاتِ مَعًا، كَمَا كَانَ يُعْتَمَدُ فِي  
حِينِهِ، بَلْ إِنَّمَا تَنَقَّلَ بِالْوَرَاةِ أَزْوَاجًا. وَمِنْ كُلِّ زَوْجٍ  
تَكُونُ إِحْدَى الصَّفَاتِ فَقَطْ هِيَ السَّائِدَةُ. وَلَقَدْ وَضَعَ  
مُبْدِلُ الْقَوَانِينِ الْأَسَاسِيَّةِ فِي الْوَرَاةِ عَامَ ١٨٦٦،  
لَكِنَّهَا لَمْ تَنْشُرْ فِي حِينِهِ وَلَمْ يُعِيدِ الْعُلَمَاءُ  
اكتشافها حَتَّى أَوَائِلِ الْقَرْنِ الْعِشْرِينَ.



كيف تستقبل الصفات بالوراثة

الخلايا في معظمها مُزدوجة الصَّغِيَّات - مجموعة من الموالد وأخرى من المولدة؛ فهي ثنائية الجنينات أيضًا. في العادة، بين الزوج من الجنينات، هناك جينة سائدة - تُحدِّث تأثيرٌ يشبهها الصَّغَاة (المُتَحَيَّة). ونلاحظ في الشَّكل المُرفَق كيفية نَعْمَ زَوْجٍ من الجنينات في الوان أزهار البَسَلَى، فالجينة السائدة (الموسومة ح) تُجْعَل الأزهار حمراء والجينة الصَّغَاة (الموسومة حـ) تُجْعَل الأزهار بيضاء - علَّمَا أنَّ تأثيرات الجينة حـ تُخَفَّفُ، ما لَمْ يتَاجَدَ أَشْأَنُ سَها (حـ حـ).

كُلُّ نَبْتٍ مِنَ الشَّجَرِ يَنْتَفِي حَبِيَّةً  
وَاحِدَةً، تَحْتَصِي بِثَوْنِ الزَّهْرَةِ، مِنْ  
كُلِّ مِنَ الْوَالِدَيْنِ، فِي الْجِيلِ  
الْأَوَّلِ، هُنَاكَ جَمِيعَةً وَاحِدَةً مُفَكِّكَةً  
فَقَطُّ مِنَ الْجَنَائِدِ هِيَ - ح - ح -

في الجبل الثاني،  
هناك أربع خميعات  
تنتج من الجنات  
هي: ح ح ح ح ح ح

قَرْدَانِي وَضِعْفَانِي

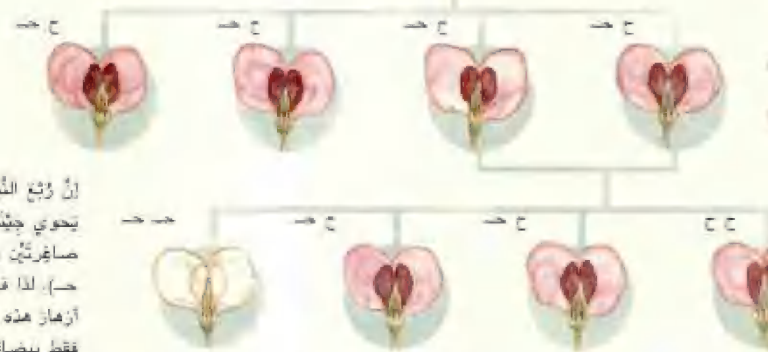
الخلية ذات المجموعة المزدوجة من الصبغيات تدعى صبغيات أو مزدوجة الصبغيات؛ والخلية الجسدية هي عادة صبغيات. أما الخلية الجنسية فهي فردانية تحوي مجموعة مفردة من الصبغيات أي نصف عدد الصبغيات في الخلية الجسدية. ويأخذ خلية جنسية ذكرية مع أخرى أنثوية ينتج المشيجان خلية صبغيات يمكنها البناء إلى نغص جديد.

الْقَلْبُ الشَّاحِبَانِيَّةُ الْوَنُ الثُّبَعَةُ بِالْمِثْقَالِ  
وَالْأَشْفَرُ إِنَّاكَ دَانِيَا، لَأَنَّ هَذَا الْوَنُ  
لَا يُمَكِّنُ إِنْتَاجَهُ إِلَّا  
بِوَسْطَةِ صِبْغِي سِ!  
وَالْإِنَّاكَ فَقَطْ تَحْمِلُ  
مُجْمُوعَةً سِ سِ.

## الجينات والجنس

في الإنسان والقطط وكثير من الحيوانات الأخرى، هنالك صيغتان مختلفتان للشكل يُحددان جنس الفرد، هما صيغتا و (أُنثى) و (أُنثى) وقد يحوي الحيوان صيغتي من فيكون أنثى، أو قد يحوي صيغتي من و فيكون ذكرًا. لكن لا يُمكنه أن يحوي صيغتي من، لأنه يتلقى دائمًا صيغتي من من والدته. وبالإضافة إلى الجنس، فهناك الصيغتان يُحددان أيضًا بعض الصفات الأخرى، فهي القليل مثلًا يرتبط لون الفرو بالجنس، كما يرتبط غنى الألوان بالجنس في البشر.

أحد التئنين الأم تحوي جيتنين  
سانتين (ح ح)، لذا غارها ما حمرء.  
والثنية الأم الأخرى تحوي جيتنين  
صاغرتين (ح ح) وزارها ما يخاص.  
في العادة، يظهر  
تأثير الحيوان  
الشابة فقط إذا  
تواجدت أثنان منها.



لزيادة من المعلومات انظر

آيَةُ الظُّفُورِ ص ٢٠٩  
الْخَلَايَا ص ٢٣٨  
النُّمُو وَالظُّفُورُ ص ٢٦٢  
النَّاسِلُ الْجَنَسِيُّ ص ٢٦٧  
النَّاسِلُ الشَّرْخِيُّ ص ٢٦٨



# التكاثر اللاجنسي

التكاثر، الجنسي أو اللاجنسي، من خصائص الكائنات الحيّة جميعها. والكائنات الحيّة، على العموم، تتكاثر بطريقتين مختلفتين تمامًا، تُعالج فيما يلي التكاثر اللاجنسي منهما. التكاثر اللاجنسي يتم فرديًا (وليس بمشيجين من ذكر وأنثى)، بانفصال جزءٍ برعمي أو شطريّ من الوالد ليصبح فردًا جديدًا. وهكذا، فالتكاثر اللاجنسي بسيط وسريع، لكنه في ظروف معينة يتطوي على مضرّة. فالنسل في هذه الحال يُقاسم الوالد المادّة الوراثيّة نفسها - بحسّانيتها وسيئاتها. فإذا كان الوالد يشكو من علة، كقلّة المناعة ضدّ المرض مثلاً، فإنّ نسله لن يخلو من تلك العلة.



## تبرعم الخمائر

الخمائر فطرٌ مجهريةٌ وحيدة الخلية، تتكاثر لاجنسيًا بالتبرعم من خلاياها. وفي الظروف المواتية تنكّز عملية التبرعم من خلية الفكرة كلّ ساعتين. أحيانًا تبدأ الخلايا الوليدة بالتبرعم قبل انفصالها بالكامل عن الخلايا الأمّ فتكوّن سلسلة مُتفرعة.

مُزجّلة (هوليب) غداريّة صغيرة لا تزال ملتصقة بالهيدرا الأمّ. المُزجّلة الجديدة تنفصل في النهاية لتعيش مستقلة. والغداريّة المُنبتة هنا هي من نوع الهيدرا الشائعة.



## التكاثر اللاجنسي في الحيوانات

التكاثر اللاجنسي واسع الانتشار في النباتات، وتادر في الحيوانات. أنثوي فإنّ لوبنهورك، أحد أوائل مُستخدِمي المجهر كان أوّل من شاهد حيوانًا يتكاثر بهذه الطريقة. ففي العام ١٧٠١، بينما كان لوبنهورك يُراقب حيوانًا دقيقًا من عُداريات البرك؛ شاهد كيف إنّ أجزاءً منه تتبرعم لتُصبح حيواناتٍ جديدة.

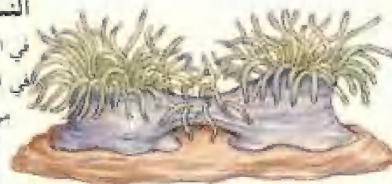
## توالّد في خطّ إنتاجي

في الربيع والصيف كثيرًا ما تكون إناث الأرقى مُحاطة بعشرات من الصغار - إذ إنّها تُنتج صغارًا بالتناسل العذري (بدون تزاوج)؛ والصغار بدورها تتكاثر بسرعة فائقة. وهذا يعني توالّد فيضٍ من الأرقى بوجود وقرّةٍ من الغذاء. ومع تضاؤل مورد الغذاء لا يبقّى لأحد الصغار بالتناسل جنسيًا.



## التساقط

في العادة، يتساقط شُقيق البحر جنسيًا بإطلاق البيوض في الماء. لكنّه يستطيع التكاثر أيضًا باقتطاع أجزاءٍ من جسمه أو بالانطلاق تمديدًا إلى شطرين. وبعض أنواعه تُركّز على هذا النمط من التكاثر، فتنتشر فوق الصخور، مُكوّنة مجموعة من الحيوانات المتشابهة تمامًا والمُطابقة الجينيّة. ويُمثّل هذه المجموعات تُسمّى تساقط (ج. تسيلة).



الحيوانات الجديدة طليقان جنسيًا للوالد - شُقيق البحر الأمّ.



تمدد شُقيق البحر نفسه تدريجيًا بينما يُرَحف الشمران باتجاهه شُقيقتين.

## انقسام النباتات

المزارعون لا يُزرعون الموز بؤرًا - بل يعتمد المزارع إلى انقسام الغساليح الجديدة ويعرّمها. وفي مثل هذا التكاثر الخطري، تحلّ النباتات الضعيفة الوراثيّة نفسها. فإذ أصاب إحداها مرض، قدّ يُصيب الآخر أيضًا، وانعدام التنوع هذا هو مُشكلة أساسية في التكاثر اللاجنسي.

## البصلّات الجديدة

تحتوي البصلّات غذاء مخزّونًا في أوراق خُشبيّة لجميّة مُتراصة فوق قُرص قاعديّ. ويُسَمّى البصلة الغريسة، تُكوّن حول قاعدتها بصيلات جديدة.



بصلة مُرجس وبصيلات وليدة

## الانتشار بالأزاد (الشوق الممدّاة)

يتكاثر العديد من النباتات بطريقتين مُختلفتين في الوقت نفسه. فالقريب (نوت الأرض) مثلاً يحمل أزهارًا تُنتج بؤرًا بالتكاثر الجنسي. كما إنّها تمُدّ سوقًا أفقيّة تدعى أزاق (ج. يلد) تُكوّن نباتات جديدة بالتكاثر اللاجنسي. فكلّ ساقٍ واحة تُبثّ عُصبيّات عكسيّة تتجلّد تدريجيًا ليُصبح نبات جديد. فإذا تُركت مستكة من نوت الأرض وشأنها، مُسرعةً ما تُغطّي شتلات القريب (القزولة) بقلمة الأرض بكاملها.



نباتة عكسيّة (على الشاق الممدّاة)

## لمزيد من المعلومات انظر

المتعضيات الجديدة الخلية ص ٣١٤  
التنوّ والتطوّر ص ٣٦٢  
حقائق ومعلومات ص ٤٢٢



# التناسل الجنسي

مُطَّاسَن مُتَوَّجَان  
(يُوديسيس كريسثاتوس)



## اجتذاب القرين والتزاوج

قُبْلَ التزاوج، تقوم المُطَّاسَنَاتُ المُتَوَّجَةُ بسلسلةٍ من زَفَصَاتِ الرَّؤُوفِ المُعَقَّدَةِ لِاجتذابِ القرين، وهذا النوع من السلوك شائع بين العديد من الحيوانات، فهو يُساعد كلاً الشريكين على التألف وضمان اختيار القرين السليم، قُبْلَ التزاوج.

تزاوج بين أفغواشي جبّال  
كاليفورنيا المُكَيَّفُ  
(لاسيروبيثيس رُوناتا)

في التَّناسُلِ الجِنْسِيِّ هُنَاكَ دَائِمًا وَالدَّانِ يُنتِجُ كُلُّ مَنهُمَا أَمْشَاجًا (خَلَايَا جِنْسِيَّةً) بِهَا نِصْفُ العَدَدِ مِنَ الصُّبُغَاتِ بِالانْقِسَامِ المُتَصَفِّ. وَيُصْبِحُ العَدَدُ كَامِلًا عِنْدَمَا يَتَّحِدُ المَشِيخُ الذَّكَرِيُّ (الْمُطْلَفَةُ) بِالمَشِيخِ الأُنْثَوِيِّ (البَيْضَةُ) لِتَكْوِينِ اللّاقِحَةِ (الرَّيْجُوتِ) - فِي مَا يُعْرَفُ بِالإِخْصَابِ. وَمِنَ اللّاقِحَةِ (الخَلِيَّةُ المُخْصَبَةُ) يَنْمُو مُتَعَصِّ جَدِيدٌ كَامِلٌ. التَّناسُلُ الجِنْسِيُّ أَكْثَرُ تَعْقِيدًا مِنَ التَّكَاثُرِ اللَّاجِنْسِيِّ، لَكِنَّهُ يَمَيَّزُ بِأَفْضَلِيَّةٍ مُهِمَّةٍ. فَالْوَلِيدُ المُنتَجُ جِنْسِيًّا قَرِيبٌ فِي خِصَائِهِ بَدَلِ أَنْ يَكُونَ مِثْلًا طَيفًا لِأَحَدِ الوَالِدَيْنِ. فَأَفْرَادُ هَذَا النِّسْلِ ذَوُو جَمِيعَاتٍ فَرِيدَةٍ مِنَ الجِنَاتِ تَحْمِلُ مَزِيجَاتٍ كَامِلَةً جَدِيدَةً مِنَ الصِّفَاتِ الْوَراثِيَّةِ. وَهَذَا يَعْنِي أَنَّ بَعْضًا مِنْهَا قَدْ يَكُونُ أَكْثَرُ مِلَاءَمَةً لِلْبَيْئَةِ وَأَفْضَلُ تَهَيُّتًا لِصِرَاعِ البَقَاءِ.

## الإخصاب الخارجي

في بعض الحيوانات، يَتِمُّ اتِّحَادُ البَيُوضِ بِالطَّافِ خَارِجَ جِسْمِ الأُنْثَى، لَكِنْ لَا يَدُ مِنْ اجْتِمَاعِ الْقَرِينِ. فَأَبُو شُوكَةِ الذَّكَرِ (جاستروبيثيس أكيوليفيس) يُعِدُّ عُشًّا تَصْنَعُ فِيهِ الأُنْثَى بَيُوضَهَا، ثُمَّ يُصِفُّ الذَّكَرُ نِطَاقًا لِيَهَا. إِنَّ مُعْظَمَ الحَيَوَانَاتِ ذَاتِ الإِخْصَابِ الْخَارِجِيِّ تُنتِجُ قُبْضًا مِنَ البَيُوضِ لِضَمَانِ أَنْ يَتِمَّ إِيْخْصَابُ عَدُوِّ وَاقِعٍ مِنْهَا.



## الأجيال المتعاقبة

في بعض ذَوَاتِ الثَّبَاتِ الحَيَاتِيَّةِ هُنَاكَ جِيلَانِ مُخْتَلِفَانِ لِلْبَيْئَةِ. فَمِنَ الصُّلَحَالِبِ النَّبْتِ لَابِيئَارِيًّا، يُنتِجُ الجَيْلُ "البَالِغُ" (وَيُدْعَى الثَّابِتُ النُّوْغِيُّ) الْأَبْوَاغَ بِالانْقِسَامِ الْمُتَصَفِّ فَتَنْتَشِرُ هَذِهِ بَيَاضَاتُ ذَكَرِيَّةٌ وَأُنْثَوِيَّةٌ تُؤَلَّفُ الجَيْلُ المُشِيخِي الَّذِي يُنتِجُ الْأَمْشَاجَ (الْخَلَايَا جِنْسِيَّةً). وَهَذِهِ النُّطَافُ وَالنُّبُوضُ تَتَلَفَّى فِي الْمَاءِ لِإِنْتِاجِ لَاقِحَةٍ تَنْمُو إِلَى تَابِتٍ نُوْغِيٍّ (الجَيْلِ الْبَوَغِي)، وَهَكَذَا تَبْدَأُ الدَّوْرَةُ مِنْ جَدِيدٍ، وَتَتَعَاثَفُ الْأَجْيَالُ.



في أزهار الربيع "الدُّلُوبِيَّة"، السَّعْدَةُ وَبِذْفَتُهَا (عَضُوُّ الثَّابِتِ) مَلَوِيَّةٌ عَالِيَةً وَالْأَسْدِيَّةُ قَصِيرَةٌ خَفِيضَةٌ.

## تحقيق الإخصاب

### التَّهَجِينِ

يَحْمِلُ الكَثِيرُ مِنَ الثَّبَاتِ كَلَامَ الْأَعْصَابِ الذَّكَرِيَّةِ وَالْأُنْثَوِيَّةِ فِي أَزْهَارِهَا. فَيُنْتِجُهَا أحيانًا لِإِخْصَابِ نَفْسِهَا، لَكِنَّهَا فِي الْعَالِبِ مُهَيَّأَةٌ وَضْعًا لِتَحْقِيقِ الإِخْصَابِ التَّهَجِينِيِّ (أَيِ الإِخْصَابِ بِخَلَايَا جِنْسِيَّةٍ مِنْ نَبْتٍ أُخْرَى مِنْ النَّوْعِ نَفْسِهِ). وَالْإِعْصَابُ التَّهَجِينِيُّ أَكْثَرُ نَفْعًا لِأَنَّهُ يَجْعَلُ النِّسْلَ أَكْثَرَ تَعَايُرًا. فَأَزْهَارُ الرَّبِيعِ (يُوسِيولا فُلْجَارِس) ذَاتُ ضَمِيرَيْنِ مِنَ الْأَزْهَارِ، لَا تَحْمِلُ النَّبْتَ الْوَاحِدَةَ إِلَّا مَضْرِبًا وَاحِدًا بِهِمَا. وَالْخَلَايَا جِنْسِيَّةً فِي كُلِّ تَخْتَلَفُ وَضْعًا وَتَتَفَارَقُ نَظْمًا بِحَيْثُ تُكْفَلُ التَّأْيِيرُ المُخْتَلِفُ فَظ.

## الخلايا الجنسية

الْخَلَايَا جِنْسِيَّةً (الْأَمْشَاجُ أَوِ الْأَعْرَاسُ) تُحَوِي نِصْفَ كَمِّيَّةِ الْمَادَّةِ الْوَراثِيَّةِ فِي الْخَلَايَا الْعَادِيَّةِ. وَهِيَ مُهَيَّأَةٌ خِصْصِيًّا لِتَحْقِيقِ اتِّحَادٍ فِيمَا بَيْنَهَا. فِي بَعْضِ الثَّبَاتِ وَالْحَيَوَانَاتِ الْخَلَايَا جِنْسِيَّةً مُتَمَاثِلَةٌ الْحَجْمُ، لَكِنْ الْخَلِيَّةُ جِنْسِيَّةُ الْأُنْثَوِيَّةِ، فِي الْعَالِبِ، أَكْبَرُ بِكَثِيرٍ مِنَ الْخَلِيَّةِ الذَّكَرِيَّةِ. وَالْخَلَايَا جِنْسِيَّةُ الْأُنْثَوِيَّةِ (البَيُوضُ أَوِ البَيْضَاتُ) تَسْتَقَرُّ فِي مَوْقِعٍ وَاحِدٍ، فِيمَا الْخَلَايَا جِنْسِيَّةُ الذَّكَرِيَّةِ (النُّطَافُ) تَنْتَشِرُ فِي أَتَحَاجِهَا.

الْخَلَايَا جِنْسِيَّةُ الذَّكَرِيَّةِ وَالْأُنْثَوِيَّةِ مُتَمَاثِلَةٌ فِي حَسَنِ التَّيَافُرِ (أَوَّلًا لِأَمْتَوَكَا).

في الثَّبَاتَاتِ الرَّهْرِيَّةِ تُوجَدُ عِدَّةُ خَلَايَا جِنْسِيَّةٍ أُنْثَوِيَّةٍ فِي كَبَسٍ جَنْبِيٍّ. أَمَّا الْخَلَايَا الذَّكَرِيَّةُ فَتُوجَدُ فِي خُبُوبِ النُّفَاجِ.

في مُعْظَمِ الْحَيَوَانَاتِ، النُّبُوضَةُ أَكْبَرُ مِنَ النُّطْفَةِ بِكَثِيرٍ.



## لُمَزِيدُ مِنَ الْعُلُومَاتِ الْخُفَرِ

- الْأَزْهَرَاتُ ص ٣١٦
- الثَّبَاتَاتُ الرَّهْرِيَّةُ ص ٣١٨
- الْأَسْمَاكُ ص ٣٢٦
- الرَّوْاجِفُ ص ٣٣٠
- الْقُبُورُ ص ٣٣٢
- الْخَلَايَا ص ٣٣٨
- الْوَرَاثَاتُ (عِلْمُ الْوَرَاثَةِ) ص ٣٦٤
- التَّناسُلُ الشَّرْطِي ص ٣٦٨
- خُفَاتُ وَضْعُومَاتُ ص ٤٢٢



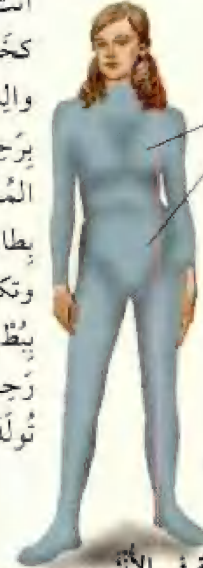
# التناسل البشري

أنت، ككُلِّ كائن بشري في هذه المعمورة، بدأت حياتك كخلية مخصبة (زيجوت) تكوّنت من اتحاد نطفة من نطفة والدك (خلايا جنسية) ببيضة (بويضة) في أنبوب مخصيل يرحم أمك - يدعى أنبوب فالوب. ثم بدأ تغير الخلية المخصبة مباشرة، فأخذت تنقسم قسماً قسماً، ثم استقرت في بطانة الرحم - حيث تابعت انقساماتها الخلوية مراراً وتكراراً مُغتذية من دم والدتك، بينما جسّمك يتشكّل ببطء. وبعد تسعة أشهر من الحمل في دفي رحم أمك وظلمته، أصبحت جاهزاً لأن تولد.

تغذّ الولادة يُفرز  
تدب الأم اللبن  
(الحليب) لتغذية  
الوليد.

المبيضان يفرزان  
البويضات،  
ويطلقان  
الهورمونات  
للتحكم في دورة  
الحياة التناسلية.

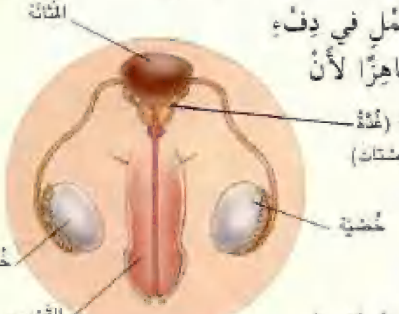
تدور الهورمونات  
الجينية في الدم،  
فتهاين جسم المرأة  
لتؤثر شؤون الجنين  
النامي.



## الأعضاء التناسلية في الأنثى

بويضات المرأة تُفخون في المبيضين. وهما، بدءاً من عمر يناهز ١٣ سنة، يُطلقان مداورة بويضة واحدة كل ٢٨ يوماً.

تشكّل البويضة الآن كرة  
مكوّنة من الخلايا تُلقح في  
بطانة الرحم وتنتو ثديجاً  
إلى مشعرة ثم إلى جنين.



تبدأ البويضة المخصبة  
انقساماً قسماً قسماً  
تُخصب البويضة بنطفة  
ساجية صفراء في  
أنبوب فالوب.

كلّ حوالي  
٢٨ يوماً، تُطلق بويضة ناضجة  
(ناضجة) من قاع عبيضة  
تدعى الجريب.  
الجريب الفارغ يُنتج هورمونات  
تُهاين بطنه الرحم لاستقبال  
البويضة.

## الرحم

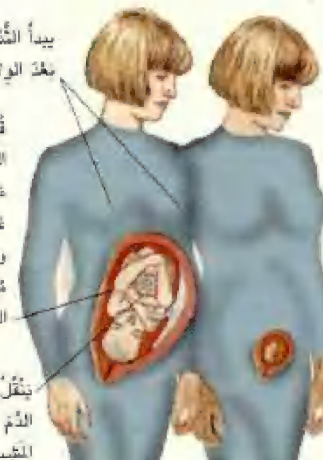
الرحم عضو يُغذي الجنين ويؤويه، وتتمو بطنه  
الرحم لتغذي البويضة المخصبة أولاً، ثم المصعة،  
وتالياً الجنين. والرحم تقسها عضلة جداً - قعها  
أقوى عضلات الجسم البشري. وهذه تدفع  
الطفل في المخاض بمساعدة عضلات أخرى في  
بطن الأم وضدورها.

المبيضان يتناوبان إنتاج  
بويضة واحدة كل شهر  
تنتشاً بطنه الرحم كل شهر  
لاستقبال البويضة؛ فإذا لم تكن  
مخصبة، تتفكك بطنه الرحم وتُفرد  
من الجسم بالحيض (الفتك).  
تنتج النطفة إلى داخل الرحم  
عبر فتحة دقيقة في عنقها.

يضمّ المهبل القضيبي أثناء الجماع بحيث تُقدّم  
النطفة أقرب ما يمكن إلى البويضة. والمهبل أيضاً  
هو القناة التي يترأ الطفل عبرها عند الولادة.

## التغيرات أثناء الحمل

يشكّل الجنين المتنامي بأدى الأمر  
خيراً صغيراً داخل الرحم، لكنّه في  
شهره التاسع، يعلأ الرحم بكاملها  
- ضاعفاً حجمه الأم وججائها  
الحاجز. ويتكثف جسد الأم مع  
هذه التغيرات، فيضغ قلبها مزيداً  
من الدم لتغذية الجنين النامي؛  
وهي تتناول كميات أكثر من الطعام  
لتوفير غذائه. ويترايد حجم الثديين  
استعداداً لإرضاع الطفل بعد  
الولادة. كما تُعد الأم نفسها ذهنياً  
لاستقبال الطفل الجديد.



يبدأ الثديان دؤ اللبن (الحليب)  
تغذّ الولادة بوقت قصير.

قُبيل الولادة،  
الجنين في الغالب  
غلقوت وأشأ على  
غلب، والذراعان  
والرجلان  
مُضمّستان قزبت  
الجسم.  
ينقل الحبل الشري  
الدم من الجنين إلى  
المهينة.

## الإرضاع

يُغذي مُغظم صغار الثدييات  
باللبن من الداء أمهاتها.  
يحتوي لبن الأم تريجاً من  
المُعذبات سهل الهضم  
وكايل التوازن والسلاعة  
لإغذية الطفل - إضافة إلى أنه  
مُتاح بسهولة ويسر.

تند بدايات مرحلة  
البُلوغ، تُخوت  
الهورمونات الجنسية  
تُغزبات في جسم  
الذكر، فيكثو تدؤ  
الأعضاء التناسلية،  
ويبدأ شفر الوجه  
بالظهور.

الشفتن

تولد الأنثى بعدد  
شفتن من البويضات،  
تكر الرجل يُلغ ذؤنا  
ببطء، جديدة.

## الأعضاء التناسلية في الذكر

تنتج الخلايا الحية  
الذكرية، أو النطاف في الخصيتين.  
وجلال الجماع تنتج النطاف يسائل من  
عدلة البروستات لتُسلخ فيه، مُبكِها  
الوصول إلى البويضة داخل رحم المرأة.



بطانة رحم  
الأم

قضيبي خلايا الأم  
يؤفر المغذيات.

من هذه الخلايا تنتش  
المهينة والخلل الشري.

من هذه الخلايا  
ينتش الجنين.

هذا التحويف المرو بالمانع  
يُشيع تخويف الشر بظواه  
الضاء (سائل اللبل) وهو  
"المانع" الذي يطفو عيه الجنين.

## الانغراس

عندما تُستقر البويضة المخصبة على جدار الرحم  
تبدأ بتفكيك بعض خلايا الأم، وتُغذي بها  
بداية. وهي تاليا تُحصل على الأكسجين  
والمُعذبات من دم الأم عبر عضو استمعي الشعة  
يدعى المشيمة (الشحد). ويعيل المشيمة بالجنين  
خلل طويلاً تدعى الخلل الشري، وهو يضم أوعية  
قوية تُحيل إلى الجنين المُعذبات والأكسجين  
وتُخلصه من الفضلات. وتنتج المشيمة أيضاً  
هورمونات تحلل جلال قرة الحمل.

لمزيد من المعلومات انظر
المبونات ص ٣٣٤
الريسات ص ٣٣٦
الشو والتطور ص ٣٣٢
الورايات (علم الوراثة) ص ٣٦٤
التناسل الجنيني ص ٣٦٧



# البيئات

البيئة هي مجمل الظروف الطبيعية الخارجية والبيولوجية التي تعيش فيها الكائنات الحية، والبيئات علم يدرس هذه الكائنات في بيئاتها الطبيعية مجملًا وتفصيلًا. فدراسة بيئة الحيوان يستلزم لُعلماء البيئة تفهم دواعي تصرف الحيوان على نحو مُعين. لكن البيئات لا تزال علمًا «جديدًا» والعالم الطبيعي بالغ التعقيد. والبيثون على دراية بوجود المشاكل، لكنهم لا يُدركون بشكلٍ جازمٍ مقدار خطورتها ولا كيفية مُعالجتها.

الطقس أحد عوامل بيئة الأرنب؛ وعلى الأرنب العيش في الظروف المختلفة لهذه البيئة. فهو بحاجة إلى هواء نظيف للنفس وإلى ماء نقي للشرب.

حيوانك تتنفس خارجيًا على فروة الأرنب كالبراغيث، أو مُتعضبات تتنفس عليه داخليًا كالبيكتريا.

حيوانك تتغذى الأرانب كالشعاب والقائم (من ضروب نبات عروس)

## بيئة الأرنب

الظروف التي يعيش فيها الحيوان، وأنواع الحيوانات والنباتات التي تستوطن وتطقت، تؤثر كلها في حياته الخاصة. لذلك، عندما يدرس البيثون بيئة حيوان كالأرنب فإنهم يدرسون كل شيء حي أو غير حي ذي علاقة بها. وهذا يشمل الحيوانات الضاربة التي تُفحصه والطعام الذي يُغذي به والأرانب الأخرى، والطقس والهواء والتربة في تلك البيئة.

نباتات يقتات بها الأرنب كالغشب والهندباء البرية والبرسيم.

الآفة التي تحفر فيها الأرانب تجورًا تلجأ إليها من عوامل الطقس والصّوري، وتحمي فيها صغارها.

حيوانات أخرى تعيش في الموقع نفس كديدان التربة

## البيئة البشرية

الإنسان، بخلاف سائر الحيوانات الأخرى، قادر على تغيير بيئته لتلائم مع نمط عيشه وقد يلجأ ذلك ضررًا بالنباتات والحيوانات الأخرى فيها. البيئات البشرية علم يتخذ في كيفية تغيير البشر لبيئتهم، ومدى تأثير هذه التغييرات في البشر أنفسهم.

## تجميع الحقائق والأرقام

المعلومات التي يحتاج البيثون إلى تجميعها تنطوي على الكثير من الإحصاء والوزن والقياس - على اليابسة وتحت الماء. أحيانًا تُعدّى الحواسيب بهذه الأرقام لاحتساب ما يمكن أن تُحدثه تغييرات معينة في بيئة قنا، ومن ثمّ يُقدّم البيثون إرشادات إلى الناس حول أفضل السبل لمُعالجة بيئتهم.



الأرانب الأخرى التي تعيش جماعات في ثغرية واحدة (مُتعددة الجحور) والأرانب تتزاوج للنتج غزيرة من الأرانب، وتتعاور فيها بينها من أجل البقاء.

حيوانات أخرى، كالشعاب والقائم، تُغذي بالغذاء نفسه الذي يقتات به الأرنب.

## إرنست هيكل

كان البيولوجي الألماني، إرنست هيكل (١٨٣٤-١٩١٩) أول من استخدم كلمة إيكولوجية (البيئات) عام ١٨٦٩. وعرفها بأنها «دراسة الاقتصاد البيئي الأُسري للمُتعضبات الحيوانية». كان هيكل من مؤيدي نظرية دارون للتطور بالانتخاب الطبيعي. وظلت أفكاره عن البيئات مُنبئة حتى حوالي العام ١٩٠٠ حين بدأ البيولوجيون يدرسونها



بجدية.



# الغلاف الحيوي

الأرض نظام بيئي مُعَقَّد - والأجزاء التي تُسكنها الكائنات الحيّة منها، برًا وبحرًا وجوًّا، تُؤلّف الغلاف الحيوي. هذا الغلاف محدودُ النطاق يمتدُّ قليلًا (نسبيًا) فوق سطح الأرض وتحتّه. يتألّف المَوطِنُ الأحيائيُّ من نُطقٍ بيئيّة، لها خصائصها المُناخيّة والتُربّيّة والجماعاتُ الأحيائيّة من نبات وحيوان، تُعرَفُ بالنُظُم أو المنظومات البيئيّة. وتُشَمَلُ المنظومةُ عدّةُ أجزاءٍ مُترابطةٍ ومُتكاملةٍ بِشكلٍ يضمنُ استمراريّتها. وهي رُغمَ تميّزها ليست مُغلقةً - فالشمسُ والمُطرُ يدخلانها، والماءُ ينصرفُ منها، والمُغذّيات تأتيها وتُغادرها عبرَ التُربة، ويُزورُ الثّبت والحيواناتُ تَجيءُ إليها وتذهب.



## المُجال

المُجالُ موقعٌ يُشغله الكائن الحيُّ في نظام بيئيّ، يشمَلُ مكانَ عيشه ونوعَ مأكله وتُربّيه وطرائقَ سلوكه وعلاقتهُ بالكائنات الحيّة الأخرى. ويُطلقون على مُجالِ النوع أحيانًا «المُتسّ».

## المَوطِن

المَوطِنُ هو المُتَوَسُّعُ الطبيعيُّ لجماعةٍ من الثّبات والحيوان تُشكّلُ جاليةً. أحيانًا يُدعى المَوطِنُ البيئيُّ «موقعُ» النوع وهو يحوي العديد من المُجالات؛ فمُجتمعُ الشّجر مثلاً مَوطِنٌ.

## المنظومات كبيرة وصغيرة

النظام البيئيُّ قد يَكونُ كالمُحيط، أو تصغرُ منظومتهُ كقطرةٍ مطرٍ فوق ورقة نبات. وفي كلا الحالتين تُشكّلُ المنظومةُ البيئيّةُ عدداً حوّلها من نُطقٍ، وتُضمُّ مجموعاتٍ من الكائنات الحيّة تتفاعلُ وتُتأثّرُ واجدتها بالأخرى. فالشجرةُ المُفردةُ منظومةٌ بيئيّةٌ كما الغابةُ الضخمةُ. حتّى الجلدُ البشريُّ يُمكنُ دراسته كنظام بيئيٍّ مُستقلٍّ تعيش عليه مُستعمراتٌ من البكتيريا والفُطر.



## وَحَدَاتٌ ضَمَنَ الغِلافِ الحَيَوِيِّ

يُقسَمُ البيئَتان الغلافُ الحيويُّ إلى وَحَدَاتٍ أصغرَ لِتُيسرَ دراسته، فيُمكنُ جِزئِلُهُ مُواءمةَ المعلوماتِ لِتُشجِمَ معنا في صورةٍ أَشَمَلٍ. ويُمكنُ دراسةُ النظامِ البيئيِّ كمجموع، أو دراسةُ الكائناتِ الحيّةِ فيه إفراديًا.

## النظام أو المنظومة البيئية

النظامُ البيئيُّ مُطلَقٌ مُتكاملٌ في الغلاف الحيويّ تحوي كائناتٌ حيّةٌ؛ وهو يشمَلُ الصخورَ والتُربةَ الحيّةَ ومُسطحَ الأرض والهواءَ فوقه؛ ويُضمُّ عدّةَ مَواطِنَ - فالغابةُ مثلاً نظامٌ بيئيٌّ. أمّا النُظُمُ البيئيّةُ الكُبرى، كالغاباتِ المطيرةِ والصّحاريّ، فتُدعى خُيُومات.

## جيمس لفلوك

العالمُ البريطانيُّ، جيمس لفلوك (١٩١٩-)، تقدّمَ بما يُدعى «فرضيّةُ جايا» في السبعينيات من القرن العشرين - «جايا» مُصطلحٌ يونانيٌّ قديمٌ بمعنى «الأرض الأم» أو «الآلة».

الأرضُ، فيُعدُّ أن درسَ لفلوك جَوَّ المَريخ، بدأ دراسةَ جَوِّ الأرض، وارتأى أن الجَوَّ يُنظِّمُهُ الغلافُ الحيويُّ، مُعتبرًا أن جميعَ الكائناتِ الحيّةِ على الأرض تعملُ كجُزءٍ من كائِنٍ واحدٍ يستطيعُ تَغييرَ بيئتهِ لِتُلائِمَ معَ احتياجاتِهِ. فالجايا تُؤمِّنُ الظروفَ المُلائِمةَ لبقائها الذّاتي، حتّى ولو جَعَلَ بَنُو البَشرِ الأرضَ غيرَ مُلائِمةٍ لبقائِهِم.

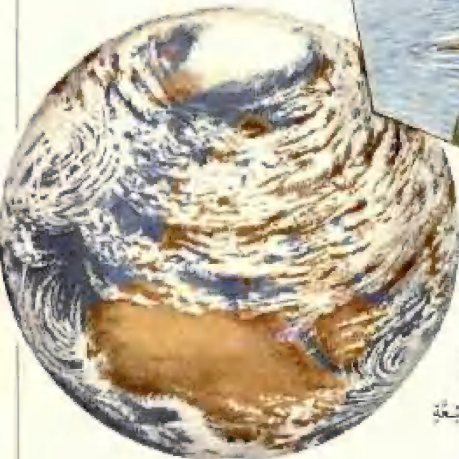


## الغلاف الحيوي

يُغطّي الغلافُ الحيويُّ كاملَ سطحِ الأرضِ برًا وبحرًا وجوًّا فهو النُظُمُ الحيّ من ثوبكِنا ويحوي نُظُمًا بيئيّةً مُختلفةً عديدةً.

## الأرض

الأرضُ هي الكوكبُ الأواخُدُ المعروفُ بِوُجُودِ الحياةِ عليه. وتتميّزُ الأرضُ بِوُجُودِ العناصرِ القُصُوريّةِ لبقاءِ الكائناتِ الحيّةِ، كما يحوي سطحَ الكوكبِ من الأَشْجَرِ المُؤدّيةِ في إشعاعاتِ الشّمسِ.





## النظم البيئية في العالم

تنوّع النظم البيئية على سطح الأرض حسب المناخ بصورة رئيسية. وتفاوتت النظم المناخية المختلفة بين القارص والجاف في منطقتي القطبين، والحار والرطب في المنطقة الاستوائية. وقد تأقلمت النباتات والحيوانات مع الظروف المناخية، وترافقت معاً لتكون جماعات وحيوانات مختلفة، وتؤدي كل «جالية» دوراً معيناً ضمن نظامها البيئي خلال تفاعلها على الموارد الضرورية من أجل البقاء.

تقع الأراضي القطبية والتندرا في أقصى شمال الأرض وجنوبها، في القطب الشمالي والقارة القطبية الجنوبية. والأراضي القطبية متجمدة قارسة البرد طوال السنة - وهي تندرج تدرجياً في أراضي التندرا بعيداً عن القطبين.

الشواطئ البحرية بها بؤر ويضفيها بحر، وهي تشكل نظاماً بيئياً دائماً التغير يتواجد حول خواف جميع القارات.

تُحلُّ المدن والمُنشآت الحضريّة مكان المواطن الأصليّة للحياة البريّة. فتتكيّف هذه مع البيئة الجديدة، وهي أدفاً وأقلّ تعرّضاً للزّيج من الزّيف المحيط.

تُوجد الجبال في جميع القارات. وهي تشكّل معظم النظم البيئية الرئيسية لأن الظروف المناخية تتباين على الارتفاعات المختلفة.

الأنهار والبحيرات منظومات بيئية من المياه العذبة، متواجدة في معظم مناطق العالم.

السّهوب المرجيّة في آسيا وإفريقية والأمريكتين الشماليّة والجنوبيّة وساحات شاسعة من الأراضي تُنبِت العشب بصورة رئيسية.

تولّد المحيطات أكثر الأنظمة البيئية على الإطلاق، وهي جسيها متصلة معاً.

تنتشر الغابات المطيرة المدارية في الأمريكتين الوسطى والجنوبية وإفريقية الوسطى وجنوب شرق آسيا وشمال أستراليا. وهي غالباً قريبة من خط الاستواء فتظل حارة ورطبة معظم أيام السنة.

غابات المناطق المعتدلة تحوي الصنوبريات والأشجار العريضة الورق. وتوجد في المناطق المعتدلة الحرارة والبرودة حيث تتساقط الأمطار بانتظام معظم أيام السنة.

الصحاري في شطليها حارة شحيحة المطر جداً. وتوجد في الأمريكتين الشماليّة والجنوبية وآسيا وإفريقية وأستراليا.

المناطق الرطبة تشكّل المستنقعات العذبة والمالحة (السبخات)، وهي موجودة في جميع القارات عدا القارة القطبية الجنوبية.



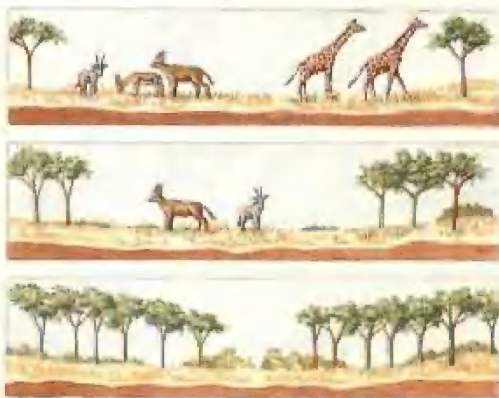
## حدود الأنظمة البيئية

يختلف النظام البيئي عن محيطه بشكل مّا، إذ يُولّد محيطه جزءاً من أنظمة بيئية أخرى. بعض الأنظمة البيئية ذات حدود متشعبة - كالحدهود بين غابة وبحيرة. والمواطن والمجالات البيئية تتغير فحاة، لكن الكثير من الأنظمة البيئية تتداخل وتندمج معاً وتولّد منطقة الاندماج هذه منظومة بيئية أنغالية تخلق فيها النباتات والحيوانات من كلا النظامين البيئيين.

الحيوانات الرائعة تبني السّهوب العشبية على حالها، لأنها تأكل بأدوات التشجير.

إذا تناقص عدد الحيوانات، فقد تُتلف الأشجار وتنعو، فتجلب ضوء الشمس عن العشب.

أخيراً، تكتسب الأشجار المنطقة وتكون غابة.



## التعاقب

تنمو الجماعات وتزايّد حتى تبلغ وضعاً مستقرّاً يوصف بأولج المجموعة البيئية. تُدعى عملية التحوّل من نظام بيئي، كسهب عشي، إلى غابة مثلاً تعاقباً أوّلياً. أمّا إذا دُمّر النظام البيئي طبيعياً أو بفعل الإنسان، واستعادة وضعه الساليف فهو تعاقب ثانوي.

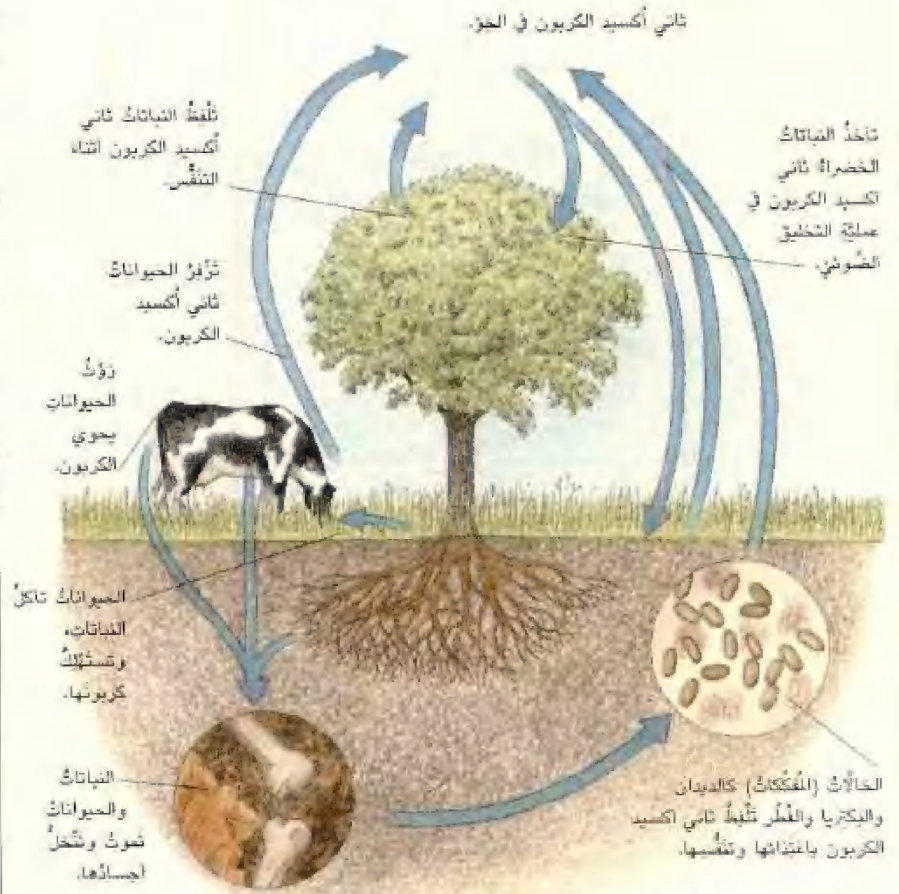
## لمزيد من المعلومات أنظر

- المناخ ص ٢٤٤
- الجوّ ص ٢٤٨
- الأرض ص ٢٨٧
- دورات في الغلاف الجوّي ص ٣٧٢



# دورات في الغلاف الحيوي

ربما كان بعض جسيمك فيما مضى جزءاً من دينصور! ذلك لأن مواد جسدك الأساسية قد أعيد تدويرها مرات عديدة، فاستخدمتها حيوانات ونباتات أخرى قبل أن تصبح جزءاً منك. فالكائنات الحية تأخذ الماء والكربون والشروجين والأكسجين وتستخدمها لتعيش وتتمو. ولو كانت هذه المواد تستخدم لمرة واحدة فقط لكانت نفذت منذ أزمان. إن جميع الحيوانات والنباتات تتنفس وتنمو، ومصيرها أن تموت وتتحلل. وبانحلالها تنطلق مواد أجسادها إلى الغلاف الحيوي ليعاد استخدامها.



## دورة الكربون

غضن الكربون أساساً أجسام الكائنات الحية كلها. وهو أصلاً من مكونات ثاني أكسيد الكربون في الجو. النباتات الخضراء وبعض البكتيريا تأخذ ثاني أكسيد الكربون من الجو لتضيق غذائها، والحيوانات تأكل النباتات فتأخذ الكربون. ويعاد هذا الكربون إلى الجو كثاني أكسيد الكربون في تنفس الكائنات الحية أو في فضلاتها أو حين تموت وتتحلل أجسادها.

## التسبب بالرصاص

الأدجنة المبتعة من السيارات أثناء حركة السير تطلق ما يزيد على ٢٢٥,٠٠٠ طن من الرصاص في الجو كل سنة. هذا الرصاص ينتج بالهواء ويحتضه البشر والحيوانات الأخرى فيسبب أجسادهم والأطفال بخاصة هم الأكثر تضرراً بهذا الخطر.



الأكسجين في الجو

في الليل، تأخذ النباتات الأكسجين وتطلق ثاني أكسيد الكربون.



## دورة الأكسجين

تأخذ الكائنات الحية الأكسجين من الهواء، وتستخدمه لإطلاق الطاقة من الأغذية التي تأكلها. وقد تستخدمه أيضاً مع الكربون والهيدروجين والبروتين لبناء جزيئات جديدة في أجسامها. ويعاد إطلاق الأكسجين إلى الجو من النباتات الخضراء خلال عملية التخليق الضوئي، ومن النباتات والحيوانات كجزء من ثاني أكسيد الكربون في عملية التنفس.

## الحمل العالمي

إحراقنا للرؤيت والفحم والحطب يطلق ثاني أكسيد الكربون إلى الجو. وقد غدا القيس من هذا الغاز يؤلف «دثاراً» مكريناً حول الأرض تعبّر معظم الإشعاعات القصيرة الأمواج الواردة من الشمس لكن معظم الإشعاعات الطويلة الأمواج المبتعة من الأرض عاجزة عن اختراقه - مما سبب، ولا يزال، التسخن المتزايد في جو الأرض (الحمل العالمي) بتأثير ظاهرة «الدفيئات».







## قَرطُ المُغذّيات

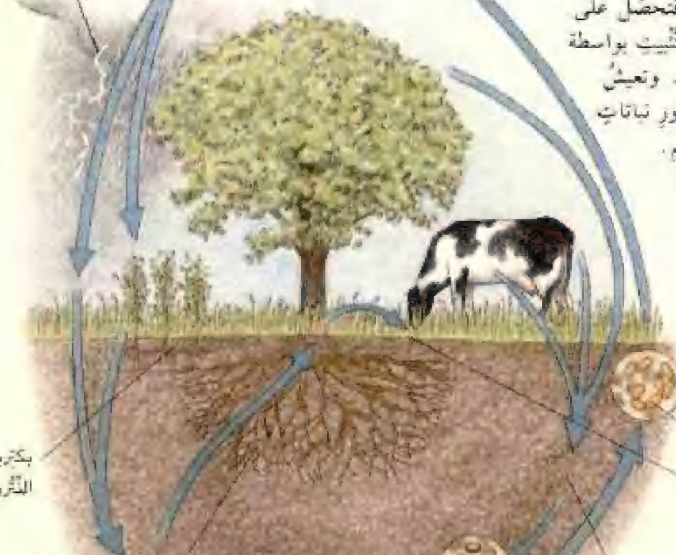
تكثرُ المُغذّيات في بنية مائيّة غنيّة (كالبحيرة) ممّا يؤدي إلى قَرطُ نَماء الطحالب. وهذا يُعزّزُ نَماء البكتيريا الحيويّة التي تُحلّلُ الطحالب المتّينة - مُستفيدّة بذلك مُوردة الأكسجين، فينعدّر حينئذٍ بقاء وعيش المُتعضّيات على اختلافها.

يُغفلُ البرق، يشدّ  
النّروجين بالأكسجين  
ويشكّلُ كحامض نيتريك  
شخفب مع المطر

غاز النّروجين في الجوّ

## دورة النّروجين

جميع الكائنات الحيّة تحتاج إلى النّروجين لضخّ البروتينات، لكنّ معظمها لا يستطيع استخدام نّروجين الهواء مباشرة. لذا ينبغي تثبيت النّروجين، أو اتّحاده بعناصر أخرى لتكوين النّترات أو النّترينات. النباتات تستطيع امتصاص النّترات، والحيوانات تأكلُ النباتات فتحصلُ على حاجتها من النّروجين. وتتمّ عملية التثبيت بواسطة بكتيريا التّربة أو الطحالب والأشجار. وتعيشُ البكتيريا المُحرّرة في التّربة أو على جذور نباتات كالسبيل والفاصولياء والبقول والبرسيم. وفي المُقابل تُفكّك البكتيريا المُزيّلة للمُتربة فضلات الحي من الحيوانات والنباتات ورفات النّيت منها، لإطلاق النّروجين وإعادته إلى الجوّ.



البكتيريا المُزيّلة للثّرة تمكّن النّترات وتُطلقُ النّروجين في الجوّ.

تأكلُ الحيواناتُ النباتات وما بها من نترات.

فضلاتُ الحيوان والنباتات والحيوانات الميتة تُحلّلُ وتُفكّكُ مُركّبات النّروجين في التّربة.

بكتيريا الثّرة في التّربة تُحوّلُ مُركّبات النّروجين إلى نترات.

بكتيريا الثّرة في التّربة تُحوّلُ المُتريبات إلى نترات.

نترات في التّربة

تمكّنُ جذورُ النبات الثّرات عن التّربة.

بكتيريا الثّرة في جذور النبات تُحوّلُ النّروجين والنّترجين في التّربة إلى نترات.

يُزّاد بخار الماء مُتحوّلًا إلى غيوم.

في التساقط، يعود الماء إلى الأرض خطأ.

ويعود الماء إلى الأنهار والبحار.

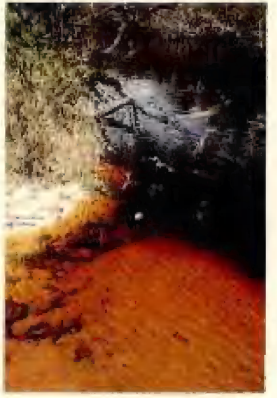


## دورة الماء

تُسخّنُ المياه على سطح الأرض، في الأنهار والبحار وغيرها، بحرارة الشّمس وتُبخر في الجوّ. ويصعدُ بخار الماء عاليًا في الجوّ، يبرّد ويتكثّف قطرات مائيّة تتجمّع مُحبّا، ثمّ تسقط مطرًا على سطح الأرض.

## التلوث

فضلات المصانع تُؤثّر العديد من الأنهار والبحيرات فنقصت على الحياة البريّة فيها، كذلك يُشكّلُ النّفط المُسكّب في البحر مُخطورة بالغة على الأحياء البريّة، لأنّه يتخرق ويُغفل ريش الطيور وفراء الحيوانات فيُعجزها عن الحركة ونحصيل القوت - فتسوّت جوعًا وبرقًا.



تتبخّر المياه من سطح الأرض.

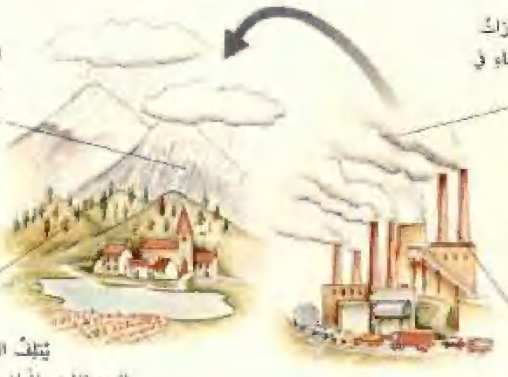
المياه المُسقطّة تتساقط فطرًا حايضيًا.

النّظّم الحايضي

يُتلفُ النباتات ويُؤذي الحيوانات والمباني، ويمتزج ببيوت الأنهار والبحيرات والبحار.

تُفترّق الغازات بفطريات الماء في الهواء.

الألحقة الشائعة تُنتج في الجوّ.



## لمزيد من المعلومات انظر

- الكربون ص ٤٠
- النّروجين ص ٤٢
- الأكسجين ص ٤٤
- المناخات المُتغيّرة ص ٢٤٦
- تكوّن السّحب ص ٢٦٢
- المطر ص ٢٦٤
- التّخلّيق الطّوبى ص ٣٤٠
- نظام التّخلّ في الثّبات ص ٣٤١
- التّفسّس الحلوّ ص ٣٤٦

## المُطر الحايضي

الغازات السّامة من مخلفات القُدرة والمُركّبات تُفترّق بالماء في الهواء، ثمّ تسقط فطرًا حايضيًا بعدو جزءًا من دورة الماء. وهذا الحايضي، في ماء المُطر، يُهدّد الحياة البريّة في جميع المُنطومات البيئيّة حيثُما يسقط. كما أنّه يؤثّر في بنى التّساقط والتّبوّث ويُفكّك واجهاتها. ويغفل الرّيح، تُحملُ الغازات الملوّثة مسافات طويلة - فقد يُحدث التلوث في بلد ما فطرًا حايضيًا في بلد مُحاوٍ.



# البشر وكوكبهم

يقدّر العلماء عُمر الأرض بِبضعَةِ آلافِ مليونِ سنة، لكنَّ البَشَرَ لم يتواجدوا على سطحها إلا منذُ وقتٍ قصيرٍ جدًا نسبيًّا (أقلُّ من ثانيةٍ في يومٍ). وبنهايةِ القرنِ العشرين، سيبلُغُ عددُ سُكَّانِ الأرضِ أكثرَ من ٨٠٠٠ مليونِ نسمةٍ؛ وهُم بِحاجةٍ إلى طعامٍ وماءٍ وحيثٍ للعيشِ وهَوَاءٍ لِلتَنفُّسِ وطاقةٍ لِتَشغيلِ مَكائِنِهِم. وكُلُّ هذا سَيَتَعَكَّسُ سَلْبًا على الكائناتِ الأخرى، حيواناتٍ ونباتاتٍ؛ فستنْاقُصُ مَواطِنُها البيئيةُ وتقلُّ مَوارِدُها الغذائيةُ تدريجيًّا. لقد تسبَّبَ البَشَرُ بالكثيرِ من المَشاكلِ البيئيةِ الحاليةِ كالحِمْوِّ العالميِّ والمَطَرِ الحامِضِ والثَّقُوبِ في طبقةِ الأوزونِ في أعالي الجَوِّ وغيرها. وليسَ هُناكَ من حُلُولٍ بَسيطةٍ لِهذهِ المَشاكلِ. لكنَّا بَشَرًا الآنَ أكثرَ إدراكًا لِهذهِ المَشاكلِ، ووعيًا لِسَبيلِ الحَدِّ مِنها.



## الكيميائيات الخطيرة

بعضُ الكيماوياتِ التي تُرشُّ بها الزُّروعُ سامةٌ لِلبَشَرِ وهاوَءِ البيئةِ. لذا يُفترضُ استِخدامُها بحِكمَةٍ ودرابةٍ، وكذلك ارتداءُ ملابسٍ واقيةٍ أثناءَ استِعمالِها؛ لكنَّ ذلكَ لا يتوافرُ دائمًا في البلدانِ الناميةِ.



## المأخوذ والمردود

يُحصلُ البَشَرُ من الأرضِ على مَواودةٍ عديدةٍ، لكنَّهُم يُعيدونَ إليها عَاليًا عَاليًا مُؤذيةً كالتَّغايِباتِ والشَّلُوثاتِ. إنَّ مَواودةَ الأرضِ من الفَحْمِ والغازِ والنَّفطِ والفِلِزَّاتِ ستَنقُصُ بَرمًا. إذا يَترسَّبُ عَلَيْنَا إِبْجادُ مَواودةٍ أخرى يُمكنُ تجديدها قَبْلَ نَقاؤِ ما لَدَيْنَا من المَواودةِ التي لا يُمكنُ تجديدها.



## كوارث التلوث

١٩٥٣-١٩٦٠ الانسحابُ بِزَنيِّ الشَّحارِ في حُلُجِ مِيْمانا، بِالبابان، يَتسبَّبُ بِتَلَفِ المَماغِ لَدَى الكَثيرين.

١٩٧٦ تَرسَّبَ مُبيدُ الأعشابِ في مِيْشُو، بِإِيْطاليا، يُسبِّمُ مَناثِبَ الأشخاصِ، ويَحْكُمُ على الحَيواناتِ الِذَّاجَةِ في تلكِ المَطقةِ بِالقَتْلِ تَحْلُصًا من أَضرارِها.

١٩٨٤ تَرسَّبَ الكيماوياتُ من مَضْعٍ في بَويال، بِالهُند، يَقتلُ ٢٥٠٠ شَخْصًا.

١٩٨٦ حادَثَ المَفاعلُ التَّوَوِي في شَرنوبِل، بِروسيا، يُصِيبُ بِمَطقةٍ شامِعةٍ بِالسَّيْمِ الإشعاعيِّ.

١٩٨٩ صَهرِيجَةُ بِسَرَبِ مَنا ٤٠٠٠٠ طن من النَفطِ شَقائِلَ سواحِلِ ألاسكا يَهْضِي على آلافِ الحَيواناتِ.

١٩٩٣ صَهرِيجَةُ بِسَرَبِ مَنا ٨٤٠٠٠ طن من النَفطِ على مَفرَبةٍ من جُزُرِ شِتلاند، بِاسكتلندا، فَيُلوثُ المَوازِ والشَواطِئَ وَيَقْضي على الحَياةِ البَريَّةِ فيها.

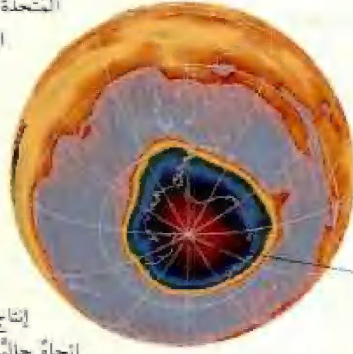
## الانفجار السكاني

على مَدى آلافِ السَّنينِ قَلَّ عددُ سُكَّانِ العالَمِ مُحدودًا، فلم يبلُغِ المِليونَ (١٠٠٠ مليون) إلا في التَّلاثينِياتِ من القَرْنِ التَّابعِ عَشر. لكنَّهُ اسْتَعْرَقَ قَطرًا مَنا سَنةً إضافيَّةً لِتَجاوُزِ ٢٠٠٠ مليونِ نسمةٍ. كما إنَّ تَعدادَ السُّكَّانِ العالَميِّ قد تَضاعَفَ جِلالَ الـ ٤٠ سَنةٍ العاصِيةِ فقط؛ ويُعتَقَدُ أَنَّهُ قد يبلُغُ ١٠٠٠٠٠ مليونِ بِنهايةِ القَرْنِ الحادِى والعَشرينِ. الطَّوَرَةُ المُقابِلَةُ تُبَيِّنُ البُيوتَ والمُخارِبَ المُتَزاوَّةَ على سَطحِ تِلْكَ في وِتر دِي جاليرِو، بِالبرازيل.



## نَقَبٌ فِي طَبَقَةِ الْأُوزُونِ فَوْقَ الْقَارَةِ الْقُطْبِيَّةِ الْجَنُوبِيَّةِ

حوالي العام ١٩٨٠، اكتشفت العلماء نَقَبًا بِحَجْمِ الْوَلَايَاتِ الْمُتَّحِدَةِ الْأَمْرِيكِيَّةِ فِي طَبَقَةِ الْأُوزُونِ فَوْقَ الْقَارَةِ الْقُطْبِيَّةِ الْجَنُوبِيَّةِ. هذه الصورة المُلَقَّطَةُ مِنَ الْفَضَاءِ تُبَيِّنُ النَقَبَ بوضوح. كذلك اكتشفت أيضًا نَقَبٌ أصغرُ فَوْقَ الْقُطْبِ الشَّمَالِيِّ، وَأَنَّ طَبَقَةَ الْأُوزُونِ فَوْقَ أَقْصَامٍ أُخْرَى مِنَ الْأَرْضِ عَذَتْ أَرَقُّ بِمَا كَانَتْ عَلَيْهِ سَابِقًا. وَيُنْجِي الْعُلَمَاءُ بِاللَّامَةِ فِي ذَلِكَ، بِصُورَةٍ رَاسِيَّةٍ، عَلَى غَازَاتِ كَرْبُونِ الْفُلُورِ الْكُلُورِيِّ، وَهَذِهِ الْغَازَاتُ تُسْتَخْدَمُ فِي بَعْضِ الْبَرَادَاتِ وَالْمِرْدَاتِ وَالنَّجَاحَاتِ وَالْمَطْفِئَاتِ، وَفِي إِتْنَانٍ بَعْضِ أَنْوَاعِ الْيُولِيسْتَرِينَ وَمَوَادِّ التَّطْلِيفِ؛ وَهَذَا إِتْنَانٌ حَالِيًّا إِلَى أَنْ يُسْتَبَدَلَ بِهَا سَوَاهَا.



طَبَقَةُ الْأُوزُونِ التَّكْبِيئَةُ تُنْصِفُ مُعْظَمَ إِشْعَاعَاتِ الشَّمْسِ فَوْقَ الْبِنْتَسَجِيَّةِ الْمَوْذِيَّةِ مِنَ الْوُضُوءِ إِلَى الْأَرْضِ.

نَقَبٌ فِي طَبَقَةِ الْأُوزُونِ

## طَبَقَةُ الْأُوزُونِ

تُوجَدُ طَبَقَةُ الْأُوزُونِ عَلَى ارْتِفَاعٍ ١٥ إِلَى ٥٠ كَم فَوْقَ سَطْحِ الْأَرْضِ؛ وَهِيَ تَقِي الْأَرْضَ مِنْ مُعْظَمِ إِشْعَاعَاتِ الشَّمْسِ فَوْقَ الْبِنْتَسَجِيَّةِ الْمَوْذِيَّةِ. إِنَّ تَرَايُدَ هَذِهِ الْإِشْعَاعَاتِ الْمُفَرِّطِ قَدْ يُعْزِرُ الْبَنِيَّةَ الْجَنِينَةَ (الْوَرَاتِيَّةَ) لِلْبَنَاتِ وَالْحَيَوَانَاتِ وَيُسَبِّبُ سَرَطَانَ الْجِلْدِ فِي الْبَشَرِ. هَذَا وَقَدْ حَدَّثَتْ تَقَوُّبٌ فِي طَبَقَةِ الْأُوزُونِ، سَمَحَتْ بِعُبُورٍ مُزِيدٍ مِنْ هَذِهِ الْإِشْعَاعَاتِ إِلَى الْأَرْضِ. فَفِي الْقَارَةِ الْقُطْبِيَّةِ الْجَنُوبِيَّةِ تُعْطَلُ الْمُسْتَوِيَّاتُ الْعَالِيَّةُ لِلْإِشْعَاعَاتِ فَوْقَ الْبِنْتَسَجِيَّةِ الْعَوَالِقِ عَنِ التَّخْلِيْقِ الضَّوْئِيِّ (تَحْضِيرِ الْغِذَاءِ بِاسْتِخْدَامِ ضَوْءِ الشَّمْسِ) وَمَا يُجَلِّ بِالسَّلَاسِلِ الْعِدَائِيَّةِ فِي الْبَحْرِ.

الْيُولُوروكْرُوسُ (الْمُخَلِّقُ الْمُغْفَرُ الرَّاهِي) الْخُفْرَةُ فَقَطْ يَسْتَطِيعُ النُّفُوزَ فِي خَوْ سَدِيدِ التَّلَوُّثِ، وَلَا رُجُوءَ لِلْأَضْدَاءِ هُنَا.

الْأَشْجَةُ الْقَاسِيَةُ التَّعْتَرُ كَالْأَشْجَاتِ الرَّائِثُورِيَّةِ تُجَبُّ إِلَى الْهَوَاءِ عَالِي نِسْبَةِ التَّلَوُّثِ.

## كَوَاشِفُ التَّلَوُّثِ الْحَيَّةِ

بِدْرَاسَةِ الْكَائِنَاتِ الْحَيَّةِ، يُمَكِّنُنَا مَعْرِفَةٌ مَدَى تَلَوُّثِ الْهَوَاءِ أَوْ الْمَاءِ. فَبَعْضُ الْكَائِنَاتِ يَحْتَمِلُ الْكَثِيرَ مِنَ التَّلَوُّثِ بَيْنَمَا بَعْضُهَا الْآخَرُ يَرْكُزُ وَيَتَرَعَّرُ فِي الْهَوَاءِ التَّطْلِيفِ فَقَطْ. فَالْأَشْجَاتُ خَاسِمَةٌ جَدًّا لِتَلَوُّثِ الْهَوَاءِ لِأَنَّهَا تَمْتَصُّ الْمَعَادِنَ مِنَ مِيَاءِ الْمَطَرِ بِكُلِّ سَطْحِهَا؛ فَتَرَاكُمُ السُّمُومَ فِي أَنْسِجَتِهَا وَتَقْتُلُهَا.

الْأَشْجَةُ الْمَوْزِقَةُ كَالْكَائِنَاتِ الْهَازِمِيَّةِ تَحْتَمِلُ نِسْبَةً قَلِيلَةً مِنَ التَّلَوُّثِ.

الْأَشْجَةُ الْأَرْبِيَّةُ الْكَثَّةُ تُلَوِّثُ فِي الْهَوَاءِ التَّطْلِيفِ فَقَطْ.

النَّقَبُ الْجَرْدِيَّةُ الذَّلِيلُ، وَهِيَ تَرَفَاتُ الذَّبَابِ الْخَوَامِ (مِنْ نَوْعِ إِيرِيْشْتَالِس)، تَتَنَفَّسُ أَكْسِجِينَ الْهَوَاءِ شَبَاشَةً عَجَزَ أَنْ يَبْرُؤَ طَوِيلًا؛ لِذَا تَسْتَطِيعُ الْعَيْشُ فِي مِيَاءٍ سَدِيدَةِ التَّلَوُّثِ.

الدُّوَيْدَاتُ الصَّمْرَاءُ، الَّتِي هِيَ فِي الْحَقِيقَةِ تَرَفَاتُ ذَبَابٍ صَغِيرٍ (مِنْ نَوْعِ كَرْبُونُوس)، تَحْتَمِلُ نِسْبَةً عَالِيَةً مِنَ التَّلَوُّثِ.

فُرْدِيْسُ الْمِيَاءِ الْعَذْبَةِ كَارِبِيَانِ جَامَارُوسٍ يَحْتَمِلُ نِسْبَةً قَلِيلَةً مِنَ التَّلَوُّثِ.

خَوَارِي دُبَابَةِ الْعَشَّورِ (كَالْبِيرَلَا الثَّمَالَةِ الرَّقْمَلِ) تَعِيشُ فِي الْمِيَاءِ النَّقِيَّةِ فَقَطْ.

### لِمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- الْحَطَّازَاتُ ص ٥٦
- تَصَاوِيرُ الطَّاقَةِ ص ١٣٤
- الْخَوْ ص ٢٤٨
- التَّخْلِيْقُ الضَّوْئِيُّ ص ٣٤٠
- دَوَرَاتُ فِي الْغِلَافِ الْخَبُونِيِّ ص ٣٧٢
- الْفَضَائِلُ وَإِعَادَةُ تَنْوِيرِهَا ص ٣٧٦
- حَفَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤٢٤



# الفضلات وإعادة تدويرها

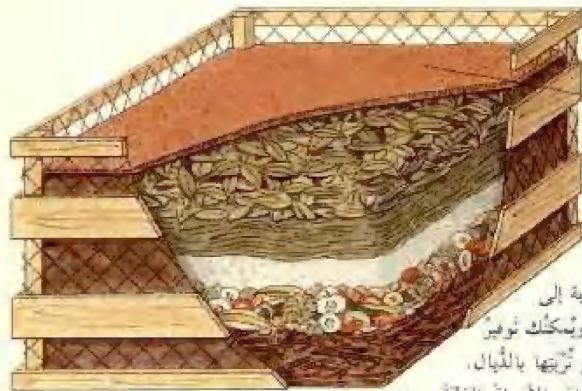
في العالم الطبيعي لا يُهدَر شيء. فهنالك كائنات حية تُدعى الحالآت أو المُفكِّكات العضويّة تغتذي بالمواد الميتة والمتعفّنة وغيرها من الفضلات العضويّة الدّروكة (الحلولة) حيويًا، فتفكّكها بحيث يُمكن إعادة تدوير مُكوّناتها واستعمالها مُجددًا. لكنّ إعادة التدوير الطبيعيّ هذه تختلّ بضخامة كمّيات النّفايات الناتجة من استعمال الناس اليوم؛ وهي في مُعظمها، كالنّيك والرّجاج ومُعظم اللدائن، غير دروكة حيويًا. فهذه إنّ رَميناها كما هي، قد تبقى دون انحلال مئات السنين، حتّى ولو تأكلها الصّدا أو تفتّت قطعًا صغيرة، لأنّ الحالآت لا تستطيع أكلها؛ فتظلّ تُلوّث الجوّ واليايسة والماء. ويمكننا، بدل رمي هذه الأشياء، إعادة تدويرها بإرجاعها إلى المصانع لِتُستخدَم مُجددًا. كما يُرجى تجنّب استعمال المواد غير الدّروكة حيويًا، والإقبال على شراء الأصناف المُغلّفة أو المُعبّاة بموادّ دروكة حيويًا والأقلّ تلويثًا للبيئة.

## الحالآت

الكائنات الميتة يُعاد تدويرها طبيعيًا. فتمتدّ (يرفانان) الذباب على هذه الرّياية الميتة هي حالّاتها. وهي، كما الحالآت والمُفكّكات الأخرى تُساعد على تنظيف البيئة وجعل مواد الفضلات العضويّة مُنّاعة مُجددًا لاستخدام النباتات والحيوانات الأخرى. فعندما تتفكّك المواد أو تتحلّل تتحلّل دقيقة، تستطيع البكتيريا والفطّر، وهي الحالآت الرئيسيّة مُعالجتها.

## مُكبّات النّفايات

النّفايات البشريّة لا بُدّ من طرّحها في مكانٍ ما؛ ومُعظم وسائل التخلّص منها قد تُضرّ بالبيئة. فالكثير من النّفايات الصّلبة يُطرّح في حُفر ضخمة كموانع رُفم. وتقوم جرّارات ثقيلة ضخمة بفرّيتها ودفعها لِتُشغّل حُفَرًا أقلّ؛ كما تُغطّى بالتراب وتُدكّ يوميًا لِمنع القُيُور والحيوانات من الاغتياء عليها ونشر الأمراض. لكنّ هذا إنّ أخفى النّفايات الصّلبة، فإنّه لا يمنع السّوائل السّامة من السّروب إلى المياه الجوفيّة؛ كما إنّ ارتفاع الحرارة في مقاسيرها يُنتج غازاتٍ لهُويّة قد تتفجّر وتُسبّب الحرائق.



عُمل المذبة (كُومة الذباب)  
بستجادة قديمة أو بالقيش  
لحفظ الحرارة في داخلها.

## كيف تُعدّ مذبة

(لتسميد مزرعائك)

أوراق النبات وأجزاء الأخرى الميتة تتحلّ في التربة إلى مُغذّيات تُحطّب بها الرّزق. ويمكنك توفير سماء إصافي لحديثك بنزح تربتها بالذباب. فبدل أن ترمي الحُضر والأزهار والأوراق الميتة، من الحديقة، يُمكنك تجميعها في مذبة لِتُعدّها كما يلي: في زاوية من الحديقة، جُمع طبقات من الفضلات النباتيّة في حاوية مُناسية - مُغطّيًا كُل طبقة بالتراب لِحفظ الحرارة المُتولّدة من فعل الحالآت فيها. أبقِ المذبة رطبة لأنّ الحالآت تُنشّط في ظروف الدفء والرطوبة. وانتظر عدّة أشهر لِيتكوّن الدّبال. حاذر من وجود موادّ لهُويّة حول المذبة لأنّ درجة الحرارة ترتفع في شأها، وقد يُلتهب بها الغاز المُتولّد.

## مُعدّل النّفايات

في البلدان المتقدّمة صناعيًا، حيث تُسرّد أساليب الحياة العُصريّة، تُريد نفايات العائلة المُتوسطة على الطّرف سنويًا. وتتألّف هذه النّفايات في مُعظمها من ورق التعلّيف والفضلات التعلّيقية والكثير من هذه يمكن إعادة تدويره واستعماله مُجددًا.

صندوق النّفايات لعائلة  
مُتوسطة

٣٠٪ ورق وكرتون

٢٣٪ فضلات عُلبيّة

١٠٪ رُجاج

٩٪ فلّزات

٥٪ لدائن

٢٪ قلمشة

١٠٪ لحجار

١٠٪ نفايات أخرى



## لمزيد من المعلومات انظر

الجرائيم (البكتيريا) ص ٣١٣

الفطريات ص ٣١٥

التعلية ص ٣٤٢

دورات في الغلاف الجوّي ص ٣٧٢

التشرّ وتُفكّكهم ص ٣٧٤

الحفاظ على البيئة الطبيعيّة ص ٤٠٠



# السلاسل والشبكات الغذائية

ترابط مجموعة الكائنات الحية في نظام بيئي، من حيث اغتذاؤها بسلسلة غذائية -

يأكل الكائن في السلسلة ما دونه، وبدوره يأكله ما فوقه. فمثلاً في سلسلة «ثعلب - أرنب - نبتة» الأرنب يأكل النبتة، وهو بدوره يأكله الثعلب.

النباتات قادرة على تخليق غذائها باستخدام طاقة ضوء الشمس، وتدعى مُنتِجات. أما الحيوانات فلا تستطيع تخليق غذائها ذاتياً، فتتغذى بالنباتات والحيوانات الأخرى، وتدعى مُستهلكات.

أحياناً تتغذى الحيوانات بأكثر من نوع واحد من الغذاء، فتتداخل بذلك ضمن عدة سلاسل غذائية. وتولّف تلك السلاسل حينئذ شبكة غذائية.

وتولّف تلك السلاسل حينئذ شبكة غذائية.

وتولّف تلك السلاسل حينئذ شبكة غذائية.

وتولّف تلك السلاسل حينئذ شبكة غذائية.

وتولّف تلك السلاسل حينئذ شبكة غذائية.

وتولّف تلك السلاسل حينئذ شبكة غذائية.

وتولّف تلك السلاسل حينئذ شبكة غذائية.

وتولّف تلك السلاسل حينئذ شبكة غذائية.

وتولّف تلك السلاسل حينئذ شبكة غذائية.

وتولّف تلك السلاسل حينئذ شبكة غذائية.

وتولّف تلك السلاسل حينئذ شبكة غذائية.

وتولّف تلك السلاسل حينئذ شبكة غذائية.

وتولّف تلك السلاسل حينئذ شبكة غذائية.

وتولّف تلك السلاسل حينئذ شبكة غذائية.

وتولّف تلك السلاسل حينئذ شبكة غذائية.

وتولّف تلك السلاسل حينئذ شبكة غذائية.

وتولّف تلك السلاسل حينئذ شبكة غذائية.

وتولّف تلك السلاسل حينئذ شبكة غذائية.

وتولّف تلك السلاسل حينئذ شبكة غذائية.

وتولّف تلك السلاسل حينئذ شبكة غذائية.

وتولّف تلك السلاسل حينئذ شبكة غذائية.

وتولّف تلك السلاسل حينئذ شبكة غذائية.

وتولّف تلك السلاسل حينئذ شبكة غذائية.

وتولّف تلك السلاسل حينئذ شبكة غذائية.

وتولّف تلك السلاسل حينئذ شبكة غذائية.

وتولّف تلك السلاسل حينئذ شبكة غذائية.

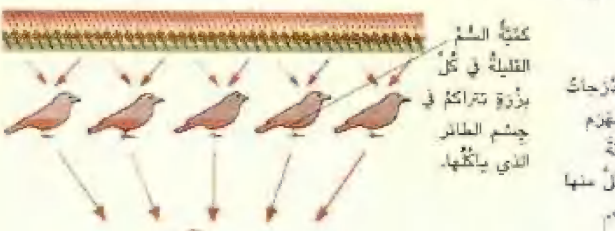
وتولّف تلك السلاسل حينئذ شبكة غذائية.

وتولّف تلك السلاسل حينئذ شبكة غذائية.



## السلسلة الغذائية

سلسلة من الكائنات الحية يُشكّل الواحد منها غذاء للذي يليه، كسلسلة النبتة - الأرنب - الثعلب مثلاً. وكلما تزيد حلقات السلسلة الغذائية على ثلاث حلقات أو أربع، فتمتد الحلقة الرابعة غالباً ما تكون كمّيّة الطاقة كلّها قد استنفذت.



تتجسّد السَّم من عدة طيور صغيرة في طائر كبير.

تتجسّد السَّم من عدة طيور صغيرة في طائر كبير.

تتجسّد السَّم من عدة طيور صغيرة في طائر كبير.

تتجسّد السَّم من عدة طيور صغيرة في طائر كبير.

تتجسّد السَّم من عدة طيور صغيرة في طائر كبير.

تتجسّد السَّم من عدة طيور صغيرة في طائر كبير.

تتجسّد السَّم من عدة طيور صغيرة في طائر كبير.

تتجسّد السَّم من عدة طيور صغيرة في طائر كبير.

تتجسّد السَّم من عدة طيور صغيرة في طائر كبير.

تتجسّد السَّم من عدة طيور صغيرة في طائر كبير.

تتجسّد السَّم من عدة طيور صغيرة في طائر كبير.

تتجسّد السَّم من عدة طيور صغيرة في طائر كبير.

تتجسّد السَّم من عدة طيور صغيرة في طائر كبير.

تتجسّد السَّم من عدة طيور صغيرة في طائر كبير.

تتجسّد السَّم من عدة طيور صغيرة في طائر كبير.

## الشبكة الغذائية

قد تشمل الشبكة الغذائية كائنات حيّة من عدة منطومات بيئية. ففي الشبكة الغذائية أعلاه، لجلالية بحيرة، يعيش بعض الحيوانات والنباتات في الماء وبعضها الآخر على اليابسة. فالمنتجات، من نباتات مائية وعوالق نباتية، تُشكّل طعاماً للعاشبات (أكلات النبت) كالعوالق الحيوانية والفواقع والخشرات وبعض الأسماك. والعاشبات يَظوهرها تأكلها اللاحمات (الحيوانات آكلة اللحوم) من خشرات وأسماك أخرى وليونات. وأيّ تغبّر في أعداد النوع من أيّ حلقة يؤثّر حتماً في نباتات وحيوانات الشبكة بكاملها.



## المستويات الغذائية

من الوسائل المستخدمة في دراسة جالبي بيئي ترتيب كائناتها الحية في مستويات غذائية. وتعتمد هذه المستويات على أعداد أو كتلة (الكتلة الحيوية) الكائنات الحية في المستوى نفسه من الشبكة الغذائية، أو على كمّيّة الطاقة التي تخزّنها مجموعة الكائنات في ذلك المستوى. وترسم هذه المستويات بيانياً كمدراج، فزمني غالباً، لأن كمّيّة الطاقة تتناقص بالانتقال صعوداً من مستوى إلى الذي يليه.

## جوناثان بورت

المُحاضر والكاتب البريطاني، جوناثان بورت (١٩٥٠-)، هو من ألمع الناشطين في تثقيف الناس حول ضرورة الاهتمام بالأرض وبالحياة البرية فيها. وقد ركّز بورت جهوده في "سياسة

الحُضر"، وتقدّم كمرشّح عن حزب الحُضر البريطاني في مجلس العموم، ثم أصبح مُديراً لجمعية أصدقاء الأرض. وفي العام ١٩٩٠، تخلّى عن منصبه ليتصرف إلى إلقاء المحاضرات والأحاديث الإذاعية والتلفزيونية والكتابة عن قضايا "الحُضر" حول العالم.



## لمزيد من المعلومات انظر

- التخليق الضوئي ص ٣٤٠
- التغذية ص ٣٤٢
- الاغتناء ص ٣٤٣
- الهضم ص ٣٤٥
- العلائق الحيواني ص ٣٧٠
- الحياة البرية في خطر ص ٣٩٨



# الجماعات الحيوانية

الرُّمَّةُ من الذئاب، والقطيع من الغنم، والسرب من السمك، والرّف من الطيور أمثلة على التجمّعات الحيوانية. فقد تعيش الحيوانات جماعات كل الوقت أو تجتمع فقط أثناء التّغشّش أو الإغذاء في منطقة وزمن معيّن. وكثيراً ما تسود هذه التجمّعات علاقاتٌ مُجتمعيّة، فيتناسل أفراد الجماعة وظائفٌ خدميّةٌ كتجميع الطّعام والعناية بالصّغار والدّفاع عن الجماعة. كما إنّ العيش جماعاتٍ يُتيح للصّغار من الجماعة تعلّم المهارات والسلوك الأصحّ من الكبار. وهكذا تنعزّز إمكانات الجماعة في مُجابهة نزاع البقاء، وتنتقل معرفةٌ وخبرة الجماعة إلى الجيل التالي.



تشبّاه الذئاب حشرات، فيمتثلن بذلك قنص حيوانات كبيرة كالأيائل.



الذئب السيّد في القطيع يُحدّد مناطقها برائحته، فلا تقربها ذئبات من قطيع آخر.



جراة القطيع تتعلّم بمراقبة الكبار وشحابتها تشرفها عليها.

الذئب السيّد ترفع أنياله في الهواء وتُلمس أدنيتها عاليًا.



الذئب الخابئة تُخضّض ذيلها تعبيراً عن خضوعها.

يستلقي الذئب الخابئة على ظهره استسلاماً للذئب السيّد ذوّن شقاوة.



تغوي الذئاب نذيراً للقطعان المناقصة بقدوم الاقتراب من مناطقها.

## قطيع الذئاب

أعضاء القطيع من الذئاب (كاييس لويس) تتعاون على البقاء، بالغنص جماعة والدّفاع عن الجراء. فكلّ ذئب يُعرف موقعه ضمن القطيع. فالذئب السيّد يُعرّف عن سيطرتها أو تفوّقها بأوضاع جسديّة خاصّة تدعى لغة الجسد. وتستخدم الذئاب الخابئة اللغة نفسها للتعبير عن خضوعها واعترافها بسيادة الأسياد. السيّد والسيّدة الأوّلان في القطيع كلاهما كبير الجشم سليمه. وفي العادة يقتصر إتحاب الجراء على سيّدة القطيع.

جراة الخطّ المُستقيم من مسار الرّقص يُمثّل الزاوية بين الشمس ومكان الغداء.



## رقص النحل

لحظة العسل (أيس مليفرا) ترقص دائرياً لإرشاد النحل الأخر في الخلية إلى موقع مورد غذائي جيّد. وتتناوب سرعة الرقص عكسياً مع بُعد المورد عن الخلية - فكلّما ازدادت السرعة، كان المورد أقرب.

## جين جودول

العالمية الانكليزية جين جودول (١٩٣٤ - ) بدأت دراسة الشّيمبانزيّات في مخبئة الحيوانات في حوض نهر جومبي في تنزانيا، بإفريقية. وتعدّ سنوات من البحث وشّابة جماعات الشّيمبانزي في الغابات، توشّحت لجودول تفاصيل الحياة العائليّة للشّيمبانزيّات وأفضل الطّرق لحمايتها. وتركّز مؤسّسة جين جودول الإنشائية على أوضاع الشّيمبانزيّات الحرجية ومصيرها المُهدّد بخطر الانقراض بسبب تدمير مواطنها البيئية وتضييدها والمُشاجرة غير المُشروعة بها.



## مُستعمرات الطّيور

يُعيش الكثير من طيور البحر، كالمُكفكف الأصابع (شولا باشانا) في تجمّعات كبيرة تدعى مُستعمرات - تُقعّ فيها الطّيور مُتباعدة فقط بقدر يتجاوز مدى السافرة، فالتمشيش الجماعي أكثر أماناً، ومُتجال الإنذار بالخطر فيه أوفر.

### لمزيد من المعلومات انظر

- الطيور ص ٣٣٢
- الزئبات ص ٣٣٦
- الاعتداء ص ٣٤٣
- الحياة البرية في خطر ص ٣٩٨
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٤



# العشرة والتعايش

أنواع النبات والحيوان المختلفة قد تتعايش؛ وهذه العشرة قد تكون مفيدة لِكلا النوعين في تكافل حيوي متبادل، كَشَقِيقِ الْبَحْرِ النامي على مَحَارِة سَلْطَعُونَ؛ أو قد يكون مُفيدًا لِوَاحِدٍ مُضِرًّا بِالْآخَرِ، كما الْبَرغوثُ مُتطفِّلًا على كَلْبٍ - يمتصُّ من دَمِهِ وَيُهَيِّجُ جِلْدَهُ. وقد يكون التعايش مُفيدًا لِأَحَدِ الْمُتعايِشِينَ وَلَا يَضُرُّ الْآخَرَ بِشَيْءٍ كَسَمَكَةِ الرِّيمُورَا (الَلَشْك) في جِمَايَةِ الْفَرَش (كَلْبِ الْبَحْرِ). وَيُمْكِنُ اعتِبارُ عَزْوِ الثَّعَالِبِ وَبَنَاتِ آوَى وَالرَّاكُونَاتِ وَالْأُيُوسُمَاتِ لِضَنَادِقِ الثَّغَايَاتِ نَوْعًا مِنْ هَذَا التَّعايِشِ مَعَ الْبَشَرِ.



## الجِمَايَةُ الْمُتَبَادِلَةُ

نَمْلُ السَّنْط (من نوع يُشود وميرنجس) يَحْمِي سَلْطَ قُرُونِ الثَّور (أكاسيا كوتنجر) فِي كَرْمَتَا رَبِكَا، يَقْرُصُ الْحَيَوَانَاتِ الَّتِي تُحَاوِلُ أَكْلَ أَجْزَاءِ مِنَ الشَّجَرَةِ. وَفِي الثَّقَابِ تُوفِّرُ الشَّجَرَةُ لِلنَّمْلِ مَكَانًا مُوَسَّعًا لِلتَّعْشِيشِ دَاخِلَ قُرُونِهَا الْكَبِيرَةِ، كَمَا تُنتِجُ الْأَكَاشِيَا إِفْرَازَاتٍ خَلْوَةً تَأْكُلُهَا النَّمْلُ.

الْفَرَشُ الْمَاصِلُ فِي رَأْسِ سَمَكَةِ الرِّيمُورَا (الَلَشْك) يَحْرِي سِيلْبِلَةً مِنَ الصَّفَانِحِ.



## الجِمَايَةُ مُقَابِلِ الْغَدَاءِ

الْشَّرْطَانُ النَّامِيكَةُ لَا مَحَارَ ضَلْبَةٍ لَهَا. وَهِيَ تَعِيشُ فِي الْمَحَارِ الْفَارُغَةِ لِضِدَقَاتِ مَيْتَةٍ، وَتَسْتَقِيلُ مِنْهَا إِلَى آخَرٍ أَكْبَرَ عِنْدَمَا تُضَيِّقُ تِلْكَ الْمَحَارَ بِهَا. وَيَعِيشُ بَعْضُ شَقِيقِ الْبَحْرِ فَوْقَ مَحَارِ الشَّرْطَانِ النَّامِيكِ. فَيَحْمِلُ الشَّرْطَانُ شَقِيقَ الْبَحْرِ إِلَى مَنَاطِقِ اغْتِدَاءٍ جَدِيدَةٍ وَيُوفِّرُ لَهُ غَدَاءً إِضَافِيًّا مِنْ فُتَاتِ طَعَامِهِ. وَفِي الْمُقَابِلِ تَحْمِي لَوَاصِلُ شَقِيقِ الْبَحْرِ الْبَالِيغَةُ الشَّرْطَانًا مِنْ اغْتِدَاءِ الْمُتَعَدِّينَ.



خَيْوُطُ خَائِقِ الْكُرْسِيَّةِ الْقَرْظَلِيَّةِ الْوَلَوْنِ

سَمَكَةُ الْلَشْك (الرِّيمُورَا)

الْفَرَاغَةُ بَيْنَ تَقَارِ الثَّيَرَانِ وَالزَّرَافَةِ مِثْلَ عِلَى الْكَاكِلِ الْخَيَوِيِّ.

## العِشْرَةُ تَقْبِذُ الْوَاحِدَ وَتُضَرُّ بِالْآخَرِ

الْكُشُوتُ (كَاسْكُوتَا إِييُيُوم) نَاتَتْ عَدِيمُ الْكَلُورُوفِيلِ، يَعِيشُ مُتطفِّلًا عَلَى الْبَاتَاتِ الْآخَرَى فَيَسْلُبُهَا قِشْمًا مُهِمًّا مِنْ غِذَائِهَا. فِي الشَّامِ يُسَمُّونَ هَذَا الثَّيَاتِ الْهَالُوكَ، وَهُوَ الْحَامُولُ فِي بَصَرِ.

تُخْتَرِقُ جُذُورُ الْكُشُوتِ النَّسْجَةَ الْنبَاتِيَّةَ الْعَالِلَ وَتَمْتَصُّ لُسْفَةً. صُورَةٌ عَنْ قُرْبٍ لِقَطْعِ شَلْطَعُوسٍ مِنْ جَذَعِ نَبَاتٍ عَالِلٍ تُنْبِئُ بِهِ جُذُورُ الْكُشُوتِ.

جَذَعُ النَّبَاتِ الْعَالِلِ



## الْمُسْتَفِيدُ أَحَدُ الْمُتَعَايِشِينَ

سَمَكَةُ الْلَشْك (رِيمُورَا وَرِيمُورَا) لَهَا فِي أَعْلَى الرَّأْسِ قُرْصٌ مَاصٌ تَلْتَصِقُ بِوَاسِطَتِهِ بِسَمَكِ الْفَرَشِ. فَيُوفِّرُ لَهَا الْفَرَشُ الْجِمَايَةَ وَبَعْضُ الْغَدَاءِ تَلْتَصِقُ مِنْ سِقَاطَةِ طَعَامِهِ. وَالرِّيمُورَا قَدْ لَا تَقْبِذُ سَمَكَةَ الْفَرَشِ بِأَكْثَرِ مِنْ إِزَالَةِ بَعْضِ الطَّلَبَاتِ مِنْ جِلْدِهَا.

## فِي الْعِشْرَةِ خَيْرٌ لِلْمُتَعَايِشِينَ

تَقَارُ الْبَقَرِ الْأَحْمَرِ الْبَقَارِ (بُوفَاجُوسِ إِيَرُثُورُتْغُس) يَنْسَنُمُ فِرَاءَ الْحَيَوَانَاتِ الْإفْرِيقِيَّةِ الْكَبِيرَةِ، كَالزَّرَافَةِ، نَحْنًا عَنْ اقْتِرَادِ الْذَهَابِ مَاضِيَةَ الدَّمِ لِيُعْتَذِي بِهَا. فَيَعِيدُ هُوَ غَدَاءً، وَتَقْبِذُ الزَّرَافَةُ (جِيرَافَا كَامِلُوبَارْدَايسِ) خَلَاصًا مِنَ الْآفَاتِ الْمُوْتَةِ.



## لِمَزِيدٍ مِنَ الْعُلُومَاتِ انْظُرْ

- الْبَاتَاتِ الزَّهْرِيَّةِ ص ٣١٨
- قَادِبِلُ الْبَحْرِ وَالشَّقَاقِ الْبَحْرِيَّةِ وَالتَّرَجَاتَاتِ ص ٣٢٠
- الْأَسْمَاكُ ص ٣٢٦
- الْبِلْدَانُ وَالْمَدُنُ ص ٣٩٧



# اللون والتّمويه

ألوان النباتات والحيوانات تخدم عادةً أغراضاً معينة. فاللون النبات وأزهاره الزاهية تجذب الحيوانات التي بواسطتها تنقل حبيبات اللقاح بين الأزهار، أو تنشر البذور بعيداً لانتاش نبات جديدة. ومن الحيوانات ما هو ذو ألوان زاهية لاجتذاب القرين، أو للتحذير من سمية أو لإيهام بها. والألوان الباهتة تعين الحيوان على التّموه والاندماج مع البيئة من حوله - وهذا يمكن الضواري من مقاربة فرائسها ومفاجأتها، وفي الوقت نفسه يخدّم الفرائس المستهدفة في التّخفي عن عُيون مُقرّسيها.

الذباب الخوام غير عوّه لكنّ شفاطته للشكل أو الزناير تُبعّد المُقرسات عنه.

القشم اللقي الباهت اللون من لحنحة الفراش الأزرق الشائع (بوليوغاتوس إيكاروس) يتوقّفاً على بعض النباتات.

أزهار القيصية الأرجوانية الزاهية تجذب النحل الطنان الذي يغتذي برحيقها. وفي الوقت نفسه تحبّل الطنانك حبيبات اللقاح، فتلقح بعضها ما تزوره تالياً من أزهار.

القشم الأعلى من لحنحة ذكر الفراش الأزرق الشائع زاء يزدقته لاجتذاب القرين.

الرّشّ الأخضر والبني في الجرائد يتوقّفاً بين الأعشاب.

## من أجل البقاء

الظهور بشكل بارز ضروري لبعض الحيوانات والنباتات كما التّخفي والتّموه ضروري لبعضها الآخر. فالكائنات الحيّة جميعها تتخذ اللون والنمط أو الشكل الأنسب لها من أجل البقاء.

## تغيير اللون

يتغيّر لون بعض الحيوانات تبعاً للظروف حيث تظلّ مموّه طوال السنة. فالقائم (فستلا إرميا) يغيّر اسمّ الفروّة معظم أيام السنة. لكنّ لون فروته يتحوّل شتاءً حيث تتساقط الثلوج، إلى البياض عدا خضلة طرفية في نهاية ذنبه.

الوان المُعشوقة الزاهية تُخدّم المُقرسات من طليعها الكريه.

## ذكور غنيّة بالألوان

ذكور الطيور في كثير من الأنواع أغنى لونا وأرضي إشراقاً من الإناث. فالإناث ترخّم غالياً على البيض في العش وتعتني بالفراخ. ومن الطبيعي أن تجعلها الألوان الزاهية مقلداً بارزاً للمُفترسات. في الصورة أعلاه فرقاط ذكور (فريجانا قير) يتلخّم جرائه الحلقى الأحمر شتاءً لاجتذاب أنثاه.

### لمزيد من المعلومات انظر

- التطور (النشوء بالتحوّل العضوي) ص ٣٠٨
- الزهرات (النباتات الزهرية) ص ٣١٨
- التخصّلات ص ٣٢٢
- الطيور ص ٣٣٢
- الاعتداء ص ٣٤٣
- الخوأس ص ٣٥٨

## الرّقط والخُطوط

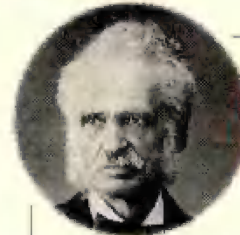
الشمّ الداكن الرّقط (ننوفيلس نينولوزا)



الطير المخطّط (النيولوزا) (ننوفيلس نيولوزا)



أنماط الرّقط والخُطوط في كشوة الحيوان تُساعد في ابتلاع لونه وشكله عمومًا مع الوسط المحيط. فالشّير الأرقط والمظبي المخطّط تصعب رؤيتهما بين الظلال في الغابات التي يتوطناها. ولاخط أحياناً تواجد هذه الرّقط والخُطوط المموّهة في بعض صيغار الحيوانات وعيائها في أبواب الكبار التي يتقدّمونها أن تدافع عن نفسها أو تلوذ بالقرار عند الخطر.



## هنري وُلتر بيّش

العالم الطبيعي والمكتشف

الإنكليزي، هنري بيّش

(١٨٢٩-١٨٩٢)، درس التّموه في الحيوانات. ولحق أنّ بعض الحشرات غير المؤذية تشابه المؤذية الكريهة شكلاً لئلا تتجنّبها المُفترسات. ويُعرف هذا الآن بالمشاكهة البيشية. وقد أرتأى بيّش أنّ تلك المشاكهة تاضلت نتيجة لعملية الانتخاب الطبيعي.



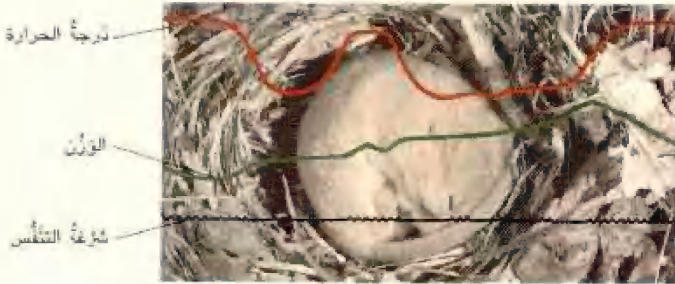
# الهجرة والإسبات



غنّزيرة سيريغيتي الوطني، بكنيا

## الهجرة

تُهاجر الحيوانات طلبًا للغذاء والدّفء والماء والمجال الحيويّ أو بحثًا عن مكانٍ آمنٍ تُربّي فيه صغارها، والمعروف أنّ الطيور، كالحرسية القطبيّة والفراشات تقطع في هجراتها مسافات أطول من سواها، وفي فصل الجفاف الإفريقي ترتحل الآلاف من ثيابل النور (كُنوكيس ثورينوس) قطعانًا نحو سفوح التلال للرعي - صغارها تتبع كبارها. لكنّ الكثير من الحيوانات المهاجرة تقوم بالرحلة الأولى بتفهيها، مُستعِبةً بموقع الشمس أو النجوم، ويُعتقد أنّ بعضها حسّاسٌ لمجال الأرض المغنطيسيّ، وأنّ الأسماك والحيّات تُهتدي بالتيارات المحيطيّة.



اعتدائه قبل الإسبات عوده إلى بعد الإسبات  
الإسبات عديم قصيرة قصيرة  
تتوسط الأسماك الزئبقيّة

مُستعِبات نفقذ مياهها في فصل الجفاف، فتعتمد السمكة الزئبقيّة إلى الانجذاب في الوخل مُلتصقة داخل شقوق من الشحاط الرطب لعلّ تنجّر الماء من حشدها، وهي تتنفس عن طريق من الوخل للشرقة. وبعد عذّة المطر، تُخرج السمكة من شقوقها وتُعيد حيوتها، هذا الضرب من الإسبات في ظروف الحرّ والجفاف يُدعى الصيّف أو الإسبات الضيق.



السمكة الزئبقيّة الجنوبيّة أمريكية (ليبيوسثيرين پارادوكسس)

## الإسبات الشتوي

تُفتّر الأنشطة الحيويّة خلال الإكتمان الشتوي، بما يُبقى الحيوان حيًا فقط، فتهدّ درجة حرارة الجسم إلى ما فوق درجة حرارة الهواء بقليل، وتُناقض ضربات القلب وتُخفّض - كما يبدو في مُحطّط الإسبات أعلاه للرّغبة (ماسكارديوس أفلاناريوس).

## مدى الإسبات الشتوي

الزئبوق قارض صغير حقيقيّ الإسبات. هذا الزئبوق الألباني الأصفر البُخل (نارموتا فلايفيرس)، مثلاً، يُسبّ دون خزالٍ في نفقهِ أكثر من نصف السنة أحيانًا. بعض الحيوانات، كالذئبة، جُزئيّة الإسبات؛ وقد تُستكن لفترات طويلة؛ لكنّ ضربات القلب فيها تُكاد لا تُفتّر، وإن طُرأت تربة دفء، فإنّها تُستقيق وتُغذّي.



## لمزيد من المعلومات انظر

- بيئة الأرض ص ٢١٢
- المُصول ص ٢٤٣
- الساخ ص ٢٤٤
- التعلّية ص ٣٤٢
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٤



# مَنَاطِقُ الْقُطْبَيْنِ وَالتَّنْدَرَا

في أقصى شمالي الأرض وجنوبها توجدُ منطقتا القطبين الشماليّة والجنوبيّة، وهما أشدُّ المنظومات البيئية قساوةً على الأرض، وتُعتبرُ القارة القطبيّة الجنوبيّة أبردَ مناطق الأرض قاطبةً - إذ تتدنّى درجة الحرارة فيها إلى ٨٠°س تحت الصفر؛ وتهبُّ الرياحُ فيها بسرعاتٍ قد تبلغُ ٣٢٠ كم/سا. وحيثُ إنه لا يتوافرُ تنوعٌ أحيائيٌّ كبيرٌ في هاتين المنطومتين، فإنَّ الشبكات الغذائية فيهما بسيطةٌ يسهلُ الإخلالُ بها. والحياء البريّة، بطبيعة الحال، مُكيّفةٌ للعيش في هذا المناخ.



توزُّعُ المناطق القطبيّة والتندرا في العالم

## الفَقَط (فيل البحر)

يعيشُ الفَقَط (أودوبنيس روزمارس) قطعانًا في المحيطات القطبيّة الشماليّة، ويحمي جلدُه العاسي وطبقاتُ الشحم تحتَه من البرد القارس ومن تعديّات الأنفطاط الأخرى. ويستخدمُ الفَقَط نايته لاختراق السحار التي يفتدي بها، والنايان أطولُ في الذكور؛ وقد يُشيرُ طولُهما إلى مُرتبة الفَقَط بين القطيع.



خطُّ الساحل

هنالك مساحات شاسعةٌ مُغطاةٌ بالجليد حولَ كلا القطبين. ففي المنطقة القطبيّة الشماليّة، يغطُّ الجليدُ فوقَ البحر، وكثيرًا ما لا تتجاوزُ سماكته بضعة أمتار. أمّا في القارة القطبيّة الجنوبيّة، فالجليدُ يغطّي الكُتلة الصخريّة، وتبلغُ سماكته في بعض الأماكن حوالي ٤ كيلومترات. وتُنتج حيوانات تلك المناطق البرد القارس بقرانها الغليظة أو ريشها الكثيف أو بطبقات الدُّهن السميكة تحت الجلد - ومما يحميها أيضًا. ونهاجُها إلى منطقتي القطبين في النصف أعدادٌ ضخمةٌ من الطيور، كالقطاري وبُظ العُيْدَر، حيثُ تُقلُّ الصُّواري ويتوافرُ لها وفرةٌ من الطعام في ذلك الموسم.



## طائرُ الحُرْشَنَةِ القطبي (الشمالي)

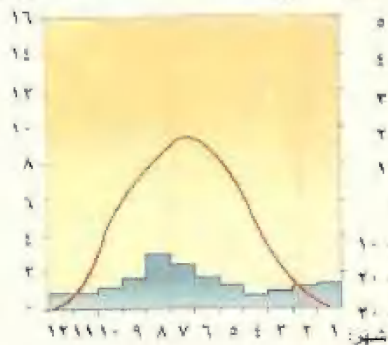
طُيُورُ الحُرْشَنَةِ القطبيّة (سبيرنا بَراديسيه) تُربي فراخها في صيف القارة القطبيّة الشماليّة، ثُمَّ تُهاجرُ إلى القرب الآخر من الأرض لتُضفي الصيف في القارة القطبيّة الجنوبيّة. وهي بذلك تتعمد مساحات من ضوء النهار أكثر من أي كائن حي آخر.

## الحوت الأبيض

الدُّلّفين (أو الحوت) الأبيض (ولميناتيرس لوكاس) قد يُنقلُّ في مياه القارة القطبيّة الشماليّة على مدار السنة، رغم أن مُعظم الحيتان تُزورُ هذه المنطقة صيفًا فقط. وتفتدي الدلافينُ البيضُ بصورة رئيسيّةً بالأسماك، كالفُكْد والهلبوت والحدوق.

المُعدَّل الشهريّ لدجات الحرارة وكميّات المطر في حضن بُوكون، بالانكا

درجة الحرارة: °س كميّة المطر: بالم



## المناخ

مناطق القطبين والتندرا قارسة البرد. وتساقطُ المطر والتَّلج فيها قليلٌ لأنَّ الهواء البارد لا يشتطُّ حُمْل الكثير من الرُّطوبة. وقد تُقلُّ كمّيّة التَّلج الساقط حولَ القطبين من كمّيّة المطر الساقط في الصحراء الجبّريّة. وتكونُ كلُّ من منطقتي القطبين مُظلمةً كلَّ الوقت خلال الشتاء فيها، أمّا في حبيتها، فتشعُّ الشمسُ ٢٤ ساعةً في اليوم.



## الدب القطبي

القرور الغليظ وطبقات الدُّهن تحت الجلد تُخفِّظُ للدب القطبي (الاركتوس ماريتموس) دفئةً في المنطقة القطبيّة الشماليّة؛ كما إنَّ الدُّهنَ مُصدِّرُ احتياطيٍّ للطاقة. وقد تُغتاضِرُ ذُكُورُ الدببة القطبيّة على فُتص الفُتصات (غُجُولِ البحر) طيلةَ الشتاء.



## أراضي التندرا

التندرا أرض قاحلة تشاخم النظام البيئي القطبي الشمالي، يُغطيها الخزاز وجنات صغيرة تنمو في تجمعات كثيفة خفيفة بعيداً عن تهب الرياح وأوراق التيب دقيقة صغيرة تمنع فقد الماء المُفرط. في الصيف، تنقش الحشرات، كالبعوض والذباب الأسود من بيوضها المُعرّزة في التربة فتتغذى بدم اللبونات الكبار، كأبابل التربة وهي بدورها تُغذو طعاماً للطيور.

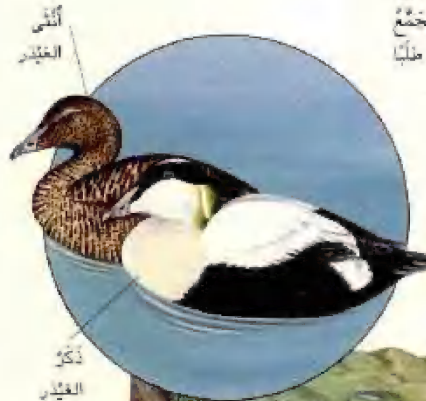
## ثيران المسك

تستوطن ثيران المسك (أوبيوس موسكاش) مناطق التندرا القطبية. وهي ذات كساء صوفي مُعرّز طقات مسيكة من الدُخن تحت الجلد. في الشتاء، تُسبّل الثيران بكثرة فوقية طويلة من الشعر الضامد للرياح. وتتخضع الثيران في خلفة تتوسطها صغارها طلباً للدفء، وأثابة من الطواري.



## بطّ العنبر

في الصيف، يُهاجر بطّ العنبر (سوماتريا فوليبينا) للتعشيش في المنطقة القطبية الشمالية. فُتُن الأنثى العنبر يربط رُغمي تنقّه من ضلّوها لتُحفظ به دفء البيض.



أنثى العنبر

ذكر العنبر

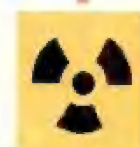
تحت سطح التندرا بقليل توجد طبقة دائمة التجمّد تدعى الأرض الجشودة. في الصيف، تشوح التربة فوق الأرض الجشودة؛ لكن المياه لا تجد لها مخرجاً، فتتجمع فوق السطح مكونة بركاً شائعة.



## سلسلة التلوث

في العام ١٩٨٦، الفجر المُغايّل النووي في محطة النّذرة في شرنوبل بأوكرانيا، فتلّوت الهواء بجُراحات ضخمة من الإشعاعات الخطرة، امتطتها النباتات فترسّبت إلى السلسلة الغذائية. فالإشعاعات التي امتطتها طحالب التربة، مثلاً، انتقلت إلى أبابل التربة ومنها إلى البشر.

طحالب التربة الخزازي (من نوع كلابونيا) امتثل إشعاعات خطرة من الهواء.



أبابل التربة (رانجيفر تارانوس) أكلت الخزاز المُشعّع فعدا لحطباً طعاماً غزيراً صالحاً للإنسان.



## دراسة طبقة الأوزون

تُعيد العلماء المطلقين القطبيين الشمالي والجنوبي لدراسة طبقة الأوزون. فيقومون بإجراء التجارب، على الأرض أو في منطيد، لإختيار تلوّث الهواء وكمية الأوزون. إن مشكلة الأوزون فوق القطبين خطيرة فتأثيرها طرّوف القطب الجنوبي. مستويات الأشعة فوق البنفسجية العالية المُتسربة إلى الأرض تُضر بالغواشي البحرية، فتعطل بدايات الكثير من السلاسل الغذائية.



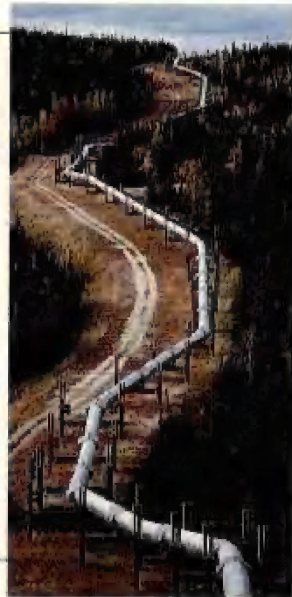
## القطاريق

تستوطن القطاريق نصف الكرة الجنوبي من أركيل جلابجوس حتى المناطق القطبية. وهي لا تستطيع الطيران، لكنها سباحة ماهرة تستخدم أجنتها كزعانف لتجذيف، وهي تُلازم الشواطئ ليضع البيض وتربيته الفرياح. والبعض منها كقطاريق الأدي (بيجوسيليس أدي) يسير إلى مواقع التعشيش أكثر من ٣٥٠ كم.

لمزيد من المعلومات انظر
الطاقة النووية ص ١٣٦
الفضول ص ٢٤٣
الشاخ ص ٢٤٤
نظام الثقل في النبات ص ٣٤١
البشر وعقولهم ص ٣٧٤
السلاسل والشبكات الغذائية ص ٣٧٧
الهجرة والإشبات ص ٣٨١

## أخطار تُهدّد المناطق القطبية

يُهدّد خطّ أنابيب القطر غير الأسكا مسافة ١٣٠٠ كم - مُتجنباً أماكن تعشيش الطيور النادرة، ومُخسراً في أماكن أخرى ليستسمح بمرور الحيوانات المهاجرة تحته. لكن إنشاء خطّ الأنابيب هذا أضرّ بالبيئة وشوّن طرق الهجرة التقليدية. كما إن القطرارات التي سُكّت على مقربة من الخطّ فتحت المنطقة للصيد المُنمّصين.



## لاموس الترويج

تنقضي اللواميس، كلاموس الترويج (لاموس لاموس)، مُعظم حياتها مُستترة بين النباتات أو شجرة تحت سطح التربة. في الشتاء، تحفر اللواميس نفقا تحت الثلج كغازل يقيها من البرد القارس. ويصاب عدو اللواميس قلة أو إزوياداً - بالغاً أوجه كل أربع سنوات تقريباً.



# الجبال



توزيع الجبال الرئيسية في العالم

مُنَاجِيَاً، صُعُودُ الْجَبَلِ أَشْبَهُ بِالْإِنْتِقَالِ عَبْرَ الْأَرْضِ مِنْ حَظِّ الْإِسْتِوَاءِ إِلَى أَحَدِ الْقُطْبَيْنِ - تَعَبُرُ فِيهِ جَمِيعُ الْأَنْظُمَةِ الْبَيْئَةِ الرَّئِيسِيَّةِ مِنْ جِرَاحٍ فِي الْمُنْحَدَرَاتِ الْخَفِيفَةِ إِلَى شُهُوبٍ عَشِيبِيَّةٍ وَتَنْدَرَا وَتُلُوجٍ. وَتُجَابَهُ الْأَحْيَاءُ الْبَرِّيَّةُ فِي الْمُنْحَدَرَاتِ الْأَعْلَى دَرَجَاتِ الْحَرَارَةِ الْجُمُودِيَّةِ وَالرِّيَّاحِ الْعَائِيَّةِ وَالْهَوَاءِ الْمُخْلَخِلِ. وَتَنْمُو النَّبَاتَاتُ فِي تَجْمُعَاتٍ كَثِيفَةٍ ذَاتِ أَوْرَاقٍ غَلِيظَةٍ رَغْبَةً تَحْتَسِبُ الْحَرَارَةَ وَتَقَلُّلُ فَقْدِ الْمَاءِ. وَيَغْلِبُ تَوَاجُدُ الْحَشَرَاتِ اللَّاجِنَةِ - كَوْنُ الرِّيَّاحِ الْقَوِيَّةِ لَا تُوَاتِي الطَّيْرَانَ. وَبَعْضُ اللَّبُونَاتِ الْجَبَلِيَّةِ مُهَيَّأَةٌ بِقُلُوبٍ وَرَنَاتٍ كَبِيرَةٍ تُسَاعِدُهَا فِي الْخُصُولِ عَلَى كِفَايَتِهَا مِنَ الْأَكْسِجِينِ فِي جَوٍّ قَلِيلِ الْكثَافَةِ. وَغَالِبِيَا مَا يُعْطِيهَا كِسَاءً قَرُويٌّ يَفِيهَا شِدَّةُ الْبَرْدِ؛ وَقَدْ يَبْيَضُ لَوْنُ هَذَا الْكِسَاءِ شِتَاءً تَمُويَهَا لَهَا فِي بَيْئَةِ



**خطّ الشجر**  
الارتفاع الذي يتروّف عنده لُغُو الشجر بسبب البرد القارس والرّياح العاتية يُدعى خطّ (شجر) الشجر. أمّا خطّ الثلج فهو الحافة السفلى للمنطقة المغطاة بالثلوج دوماً. ويعتمد ارتفاع هذين الخطين على القلبي كما على القرب أو البعد عن خطّ الاستواء.

**خطّ الثلج والجليد**  
من الثلج والجليد  
خطّ الثلج  
خطّ الشجر

جبل كينيا على خطّ الاستواء  
جبال الهيمالايا ٣٠ شمالي خطّ الاستواء  
جبال الألب ٤٥ شمالي خطّ الاستواء  
المنطقة القطبية الشمالية ٧٠ شمالي خطّ الاستواء

**أخطارُ تُهدّدُ البيئةَ الجبليةَ**  
الأنظمة البيئية الجبلية أقلّ تعرّضاً من سواها للأخطار الماثلة. فالكثير من الجبال غداً المُلجأ الأخير لأنواع نادرة من الكائنات الحيّة. لكنّ بعض الغابات الجبلية وجُروود الحُثَيَات طالَتْها يَدُ التدمير لإنشاء مُتنجعات ومرافقٍ لِلتزلّج. وفي سبيل هذه الإنشاءات، من مبانٍ وطرق ومُنحدرات تزلّج، يُبَادُ نباتاتٌ جبليّة قديمة وتُحَرَّفُ تربةٌ رَخْوَةٌ هَشَّةٌ - مع ما يُعْبِئُهُ ذَلِكَ مِنْ خَلْطٍ وَخَطَرٍ عَلَى الْأَحْيَاءِ الْجَبَلِيَّةِ الطَبِيعِيَّةِ.



لمزيد من المعلومات انظر
الشماع ص ٢٤٤
الثلج ص ٢٦٦
النباتات ص ٣١٧
اللّون والتلوين ص ٣٨٠
مناطق القطبين والتندرا ص ٣٨٢
الشهوب العشبية ص ٣٩٢
غابات المنطقة المعتدلة ص ٣٩٦

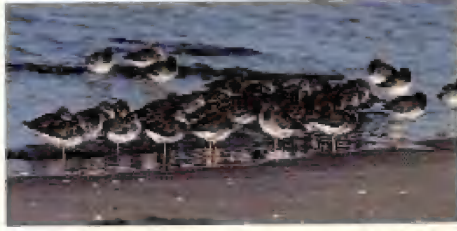
غابة نفضيّة مُعتدلة - عن البلوط والورديات الخُلجّية (روبودندرون) غابة نفضيّة شبه مُعتدلة - من أشجار السال والارجون والشاح

## المناطق الجبلية

الجبال عمومًا ذات لُغْنٍ عَرِيشَةٍ مُتَمَيِّزَةٍ، لِكُلِّ مِنْهَا نباتاتٌ وَحَيَواناتٌ. ففي جبال الهيمالايا على الحدود بين آسيا والهند نجد غابات لُفْصِيَّةٍ دَافئةٍ في النطاق السُفْلِيّ؛ يليه نطاق أبرد من الجراح الصنوبريّة. ويقع خطّ الشجر على ارتفاع ٣٤٠٠م تقريباً. وفوق هذا الخط نجد فقط جُنبات وجُنبات خفيفة التّموّن، تندمج مع الشّهوب العشبية والصّخور العارية تحت القمم المغطاة بالثلوج.



# الشواطئ



قصبّات الأنهر

تلتقي الأنهار بالبحر في قصبّاتها. وقد تُشاهد الطيور الخواضة كالطيور الأحمرة الشاقين (تريجا نوناس)، سائرَة عَبرَ المياه الضحلة بحثًا عن الغذاء في الوحل بشاقيرها الطويلة. وقصبّات الأنهر كبيرة الأهمية للطيور المهاجرة شتاءً - إذ إنّ الكثير منها يتقطع رحلته عندها للراحة والاعتناء.

جذور النجيليات البقية الرمال (أثوفيلاريا) تمتد تحت الرمل في شبكة كثيفة يماسك الرمل بها.



بقن



عاق شاقبي

طيور البحر كالغاق الشاقبي (غالاكتروكوراكس ارستوتيليس) والبَقن (فريزيتوكولا اركتيكا)، تُعشش على الجرف في مناطق من الأعداء.



خلال النهار، يظلّ السرطان المقلد (كوريبتيس كاشيفيلوس) قابعا تحت الرمل، وهو ينتقل بسحب الماء غير مشبع. الانقباض الشدني للذئب يبررّ راسها فقط إلى الماء.

## أخطار تهدد الشواطئ

قد يتعكس إنشاء الفنادق والمطارات، على الشواطئ، تهديداً لبيئة الطبيعة فيها، إذ إنّ الكثير من الطيور والزواحف التي تستوطن (أو تُعشش قرب) الشواطئ يُزعجها الضجيج والأنوار الساطعة. فاللحما (السلحفاة البحرية) الضخمة الرأس (كارنا كارنا) التي تقبض الشاطئ، في جزيرة زانكس اليونانية، توضع البيض، قبل تعدادها في المناطق السياحية، مما اضطرّ حماة الطبيعة إلى حماية مواقع تعشيشها. كذلك تتعرض الشواطئ للحطير من مكبات القاذورات والمجارير والأنابيب النقطية حولها.

فرع لحما ضخمة الرأس



الديدان الغدوية (الريديفولا مارينا) تعيش في جحر ثوم في الشكل تُفقد في الرمل.

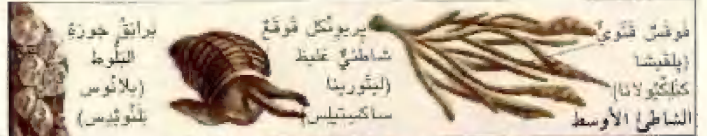


الحمار الثبينة الرقيقة (تيليا تويس) تحفر في الرمل من الشاطئ الأوسط إلى المياه الضحلة. وهي تستقطب الغذاء من قاع البحر بسحب ماص.

## الرمال الحولة

تحت رمال الشاطئ تتواجد كائنات كالديدان والمخاريط مخبئة من ذلك الأمواج ومن تجفاف الهواء عند انحسار المد. ويتصفي الكثير من هذه الحيوانات فئات الغذاء من الرمل ومن ماء البحر. كما تغطي الطحالب المجهرية منقح الرمال أو تطفو في الماء.

### الشاطئ الأعلى



## المناطق الشاطئية الصخرية

تنمّز المناطق الشاطئية الصخرية عادة بأصناف الطحالب البحرية النامية عليها. فالطحالب الخضراء تنمو على مقربة من أعلى الشاطئ، وتنمو الطحالب البنية على مقربة من أسفلها. وتعيش حيوانات مختلفة في كل منطقة تبعاً لمدى إكثارتها العيش خارج الماء.

### لمزيد من المعلومات انظر

- خط الساحل ص ٢٣٦
- الهجرة والإسبات ص ٣٨١
- المحيطات ص ٣٨٦
- الأنهر والبحيرات ص ٣٨٨
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٤



رَفَلَم

الحيطات الأبرز هي  
بالعوامل الغذائية  
توافر المغذيات الضرورية  
لعملية التخليق الضوئي،  
كالمسحور والتموجين،  
فيها.

السلسلة الغذائية  
قرب قجوات هذه  
الحثات تبدأ  
بالكثيرا التي لا  
تحتاج ضوءا لعملية  
التخليق الضوئي.

تعيش قُرْب قجوات الأعماق  
الأنبوبية ديدان عملاقة  
(ريفييا بانكيتلا) قد يبلغ  
طول الواحدة منها ٣ أمتار.

إيجاد الطعام  
إيجاد الطعام عسير في أعماق المحيطات  
المظلمة. وهكذا نجد أسماك الأعماق،  
كسمك ألبو شمس (ملانوكوتس جوسوني)،  
مهيأة بزوادة تولد بها أضواء تجذب الفرائس،  
وبعض ضخمه لاستيعاب أكثر كمية من الطعام.

أخاديد الأعماق المحيطية  
تولّد ما يُسمى المناطق  
الجفتي، والمعروف أنّ  
الأخدود الأعماق هو أعمق  
مارياناس في المحيط  
الهائى، ويبلغ عمقه  
١١٠٣٤م أي أنّ بؤشعه  
استوعب جبل الفيل.

جيتان العنبر (فيسشر كودون) تغتذي  
بالبليديج بضرورة رئيسية وبأساطعها  
العوض إلى عمق ١٠٠٠م على  
الأقل بحثاً عن فرائسها.  
وتستحوذ في ذلك نظام  
سبح بالصدى (شوتار)  
بالج الجذوى للبحث عن  
الطعام في ظلمة الأعماق.

هناك نوعان رئيسيان من المواطن البيئية في المحيط هما الماء نفسه أي المواطن البحري، والفقر أو المواطن القاعي. ويقسم المواطن البحري إلى عدة تظلي أعماقيه. في الماء الرائي يصل ضوء الشمس إلى غُمش ١٠٠م تقريباً، أما في المياه الموحلة فقد لا يتلغ المتر. وهذا النطاق الرقيق الذي تستطيع فيه النباتات القيام بعملية التخليق الضوئي، يدعى النطاق المضاء. وتليه مثلاً، حتى غُمش حوالي ٢٠٠٠م. يطاق نُجْري قَلْبُ الضوء جداً أو غديمه. أما نطاق الأعماق الموربية في المحيطات فقد يمتد إلى أكثر من ٦٠٠٠ متر عمقاً.

في قاع المحيط الهادئ تتواجد شقوق في  
القشرة الأرضية تتجعد منها مياه حارة، غنية  
بالمركبات الكيميائية، عبر فتحات أويوت  
طويلة. وعلى مقربة من هذه الفتحات تعيش  
حيوانات متخصصة الكيمويات المُلحاة في  
الماء. كما تقوم الكيتريا بتحويل هذه  
الكيمويات في أسحبها إلى طاقة  
تحتاجها تلك الحيوانات.

السلسلة الغذائية  
تُرب قجوات هذه  
الحيوانات تبدأ  
بالبكتريا التي لا  
تحتاج ضوءاً لعملية  
التخليق الضوئي.

تَعْبَثُ فُزْبُ فُجُوتِ الْأَعْمَاقِ  
لَأَسْجُوتَهُ دِيدَانُ عِمْلَاقِهِ  
أَرِيقُنِيَا بِأَكْيَمْتَلَا قَدْ يَلُغُ  
طُولُ الْوَاحِدَةِ مِنْهَا ٣ أَمْتَارُ

أَخَذُوا مِنْ أَصْحَابِ الْمِحْبِطِ  
تَوَلَّوْا مَا يَبْغُونَ النِّبَاطِ  
الْجَهَنَّمِ. وَالْمَعْرُوفُ أَنَّ  
الْأَجْنَوتَ الْأَعْقَى هُوَ أَخَدُوا  
مَارِيَاتِاسَ فِي الْحَبِطِ  
الْمَهْدَى. وَيَبْلَغُ عَشْفُهُ  
١١٠٣٤م أَيَّ إِنْ بُوْشَعَه  
اسْتَبْعَاتِ حَمَلِ الْفَرَسَتِ.

## إيجاز الطعام

ابجاد الطعام عسير في أعماق المحيطات  
العملاقة. وهكذا تجد أسماك الأعماق،  
كـ«كيت» (أي «نمط» - ملائوكتوس جولسوني)،  
منها: يزودت تولد بها أضواء تجذب الفرائس،  
وبمعد ضخمة لاستيعاب أكثر كمية من الطعام.



## الشعاب المرجانية

الحاجز المرجاني العظيم في أستراليا هو الشعب المرجاني الأصغر في العالم. وتحتوي الشعاب المرجانية أنواعاً عديدة من الحياة البرية - رغم أنه لا تتوفر مغذيات كثيرة في مياهها. فتتغذيات الشعاب لئلا تدوير هذه المغذيات سريعاً جداً فلا يهتدئ بنهاية. ويتنصر عيش المرجانيات على المياه المالحة الدافئة النقية التي لا يزيد عمقها على ٣٠ م - حيث تصلها وفرة من نور الشمس. وتستوطن أجسام المرجانيات طحالب متنوعة تحتاج ضوء الشمس لتخليق غذائها. والشعاب المرجانية مهددة بأخطار التلوث والتعدين وارتفاع مستويات البحار بسبب ظاهرة التغيرات.



## جاك إيف كوستو

اشتهر الفرنسي جاك كوستو (١٩١٠-١٩٩٧) باستكشافاته تحت الماء. ففي أوائل الأربعينيات من القرن العشرين طوّر دفة الغوص (التي تنفس تحت الماء) بمساعدة المهندس الفرنسي إميل جانيون، فشجع ذلك الكثيرين على استكشاف المحيطات - مما زاد كثيراً في معارفنا عن الحياة في أعماق البحار. كذلك ساعد كوستو في تطوير كاميرا صابغة للماء، وأنتج عدة أفلام توضح الحياة تحت الماء - من ضمنها «العالم الطامس». وقد قام كوستو بحملات مضادة لأعمال التعدين في القارة القطبية الجنوبية.



المياه الضحلة قرب القارص تزخر بالمغذيات المتحررة من الرز، وتعدّل العواصف على تراج المياه رافعة المغذيات إلى سطح الماء.

يجري شغل صيد السمك في المياه الضحلة على مقربة من خواف القارص.

يتكوّر الشعب المرجاني بترامك هياكل المرجانيات غير آلف السنين.

يزر من القارص تحت المحيطات علف ضيق من الرز يدعى الرصيف. وتولّد المياه الضحلة فوق هذا الرصيف المنطقة تحت الشاطئ.



## لبنات المحيطات

تعيش الحيتان، أصخم حيوانات الأرض، في المحيطات - حيث المدى المائي السابع لتحركها وغوصها وحمل أجسادها الضخمة. وتستطيع الحيتان، وهي من اللبنات، البقاء تحت الماء مدة ساعة تقريباً. وعندما تصعد إلى سطح الماء للتنفس تفرّج الهواء المستهلك وبخاره المتكاثف غير متحرّج في أعلى الرأس بالبحاسي نافوري، ثم تأخذ هواء نقياً.

انخفضت أعداد سمك التوتة بشكل لافت في العشرين سنة الأخيرة.



## أخطار تهدد المحيطات

أخطر ما يهدّد النظم البيئية المحيطية هو التلوث بالنفط وأقدار المجاري والتفاريات الصناعية. كذلك فإنّ التزايد الشطر في أعمال ووسائل صيد الأسماك والحيتان وغيرها، نتيجة لتكاثر سكان العالم وكثرة الطلب على المواد الغذائية، غذا يهدّد بقاء الأحياء المائية ومصيرها - حتى إنّ الأسماك انعدمت في بعض المناطق. فالشباك المنيّة التي تُصنّف على مدى ٦٠ كم غير المحيط والفتيات الحديثة المستخدمة في الصيد قلما تترك للأسماك مجالاً للإفلات. لكنّ بعض البلدان أخذت تُعدّد كميات الأسماك المسموح صيدها، وبعض هياكل الحماية تفرّض استخدام شباك واسعة الفجوة تسمح للأسماك الصغيرة بالإفلات لتكوين الجيل التالي.



## أسراب السمك

تنسج الأسماك، كالأسقمري (سكثير سكثيرس) قرب الشطح في المياه الضحلة. وهي تستطعي نكث الغذاء الصغيرة من الماء بامناط خيايمها اليرجونية الشكل.



### لمزيد من المعلومات انظر

- الكثير من ص ٤٥
- البحار والمحيطات ص ٢٣٤
- المتنقيات الوحيدة الخلية ص ٣١٤
- قنابل البحر والشقائق البحرية والمرجانيات ص ٣٢٠
- الأسماك ص ٣٣٦
- اللبنات ص ٣٣٤
- التخليق الضوئي ص ٣٤٠
- الاعتداء ص ٣٤٣



# الأنهار والبحيرات

المياه الرَّائِدة في البرك الصغيرة والبحيرات الضخمة، كما المياه الجارية في الجداول الجبلية والأنهار العريضة، كلها تُظَمُّ بيئة من المياه العذبة. بعض هذه المنظومات موسمي التغير، وبعضها يتغير باستمرار. فالطقس والعوامل الطبيعية، كالثلجات، تؤثر في كمية المياه في كل منطقة. فالأنهار تُغيّر مجاريها، وبحيرات جديدة تتكوّن؛ وهذه قد تمتلئ بالمواد الغرينية المترسبة وتتحوّل إلى أرض جافة. وبعض هذه البرك والجداول النهرية لا تظهر إلا شتاء فتستوطنها جماعات بسيطة فقط. أمّا الأنهار والبحيرات الكبيرة فتضمّ مجموعات حيائية مُعقّدة تنامت وتطوّرت على مدى مئات السنين.

عقّة الخيل  
(هيبوبيس  
سنجوبوشوجا)  
تلصق شفاطتها  
بالحجارة،  
وتلتصق بالديدان  
وبيرقات الحشرات  
والقواقع.

جدول جبلي سريع

الزئفة البنية

(سالموتروفا) تُفضل

المياه الباردة الوفيرة

الأكسجين. وهي شائعة ماهرة تستطيع

الشحاذة ضد التيارات القويّة.

الشوامخ البالغة

تضع بيوضها فوق

النباتات، لكن يرقاتها

(الحواري) تنزل في

الماء حتى تتحوّل إلى

حشرات بالغة.

الزراف الأفريقي الأوروبي (البيدو أنيس)

يعيش في مجاور بصفاف الأنهار. ويقوس في

الماء قرابة ١٠٠ مرة يوميًا لاصطياد السمكة.



نهر فتي سريع

تؤمّر شتة لسان

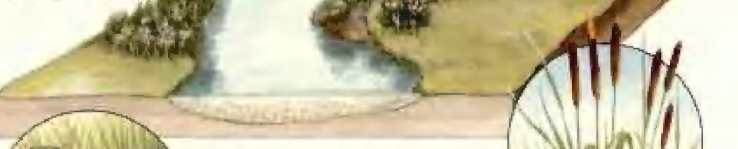
الحقل المائية (اليرما)

تلتصق أكتافها

ملجأ للطيور، إذ

تنشأ إلى علو متر تقريبا.

نهر بطيء بالغ



الفضاضة أو ثعلب الماء (ألترا لوترا)

هو أقدم شكّلة الأصابع شعاعه في

الشحاذة تحت الماء. كما يمكنه علّق

أذنيه لمنع دخول الماء فيهما.

أذنيه لمنع دخول الماء فيهما.

أذنيه لمنع دخول الماء فيهما.

أذنيه لمنع دخول الماء فيهما.

أذنيه لمنع دخول الماء فيهما.

أذنيه لمنع دخول الماء فيهما.

أذنيه لمنع دخول الماء فيهما.

أذنيه لمنع دخول الماء فيهما.

أذنيه لمنع دخول الماء فيهما.

أذنيه لمنع دخول الماء فيهما.

أذنيه لمنع دخول الماء فيهما.

أذنيه لمنع دخول الماء فيهما.

أذنيه لمنع دخول الماء فيهما.

أذنيه لمنع دخول الماء فيهما.

أذنيه لمنع دخول الماء فيهما.

أذنيه لمنع دخول الماء فيهما.

أذنيه لمنع دخول الماء فيهما.

أذنيه لمنع دخول الماء فيهما.

أذنيه لمنع دخول الماء فيهما.

## الأنهار المتدّارة

يعيش تمساح الكينيس الأسود

(ميلانوسوكس نيجرا) في

نهر الأمازون بأمریکا

الجنوبيّة. وهو الملقب

بالغني في نظامه البيئي، إذ

يألفهم كل شيء، من الأسماك حتى

الخنازير البرية. لكنّه الآن مُعرّض للإغراض

بغليّ وسائل الصيد البشريّ التي تلاحقه.



تعلو الشفا الغريضة الورق

(تيغا لانيكولا) إلى أكثر من

مترين - فلا يضيئها ارتفاع

شسوب الماء.

شسوب الماء.

شسوب الماء.

شسوب الماء.

شسوب الماء.

شسوب الماء.

شسوب الماء.

شسوب الماء.

شسوب الماء.

شسوب الماء.

شسوب الماء.

شسوب الماء.

شسوب الماء.

شسوب الماء.

شسوب الماء.

شسوب الماء.

## بحيرة الأرقام القياسية

بحيرة بيكال، بـسبيرياد، هي أقدم وأعمق

بحيرة مياه عذبة في العالم، إذ يبلغ عمقها

١٦٦٢٠ م، ويتجاوز عمقها ٢٥ مليون سنة. وتضمّ

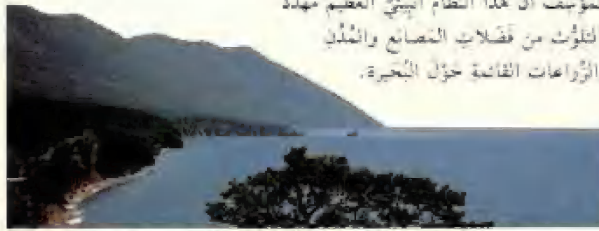
البحيرة أكثر من ١٠٠٠ نوع من الحيوانات غير

المعروفة في أي مكان آخر في العالم. ومن

المؤسف أنّ هذا النظام البيئي العظيم مهدّد

بالتلوث من فضلات المصانع والمخلفات

والزراعات القائمة حول البحيرة.



تُقام السدود غير

الأنهار لتخزين

المياه وتوليد

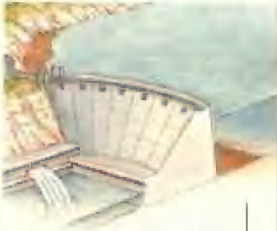
الكهرباء أو لمنع

الفيضانات. وقد

تُفكّر القرى

والأراضي الزراعية

بالحجرات المتكوّنة.



أخطار تهدّد الأنهار

إنشاء السدود غير الأنهار يكون بحيرات ضخمة

تغيّر طبيعة النهر. وتؤمّر البحيرات المتكوّنة

موطناً بيئياً جديداً للأسماك، لكنها تُثير

مضاعف حيائية لبعض الحيوانات والنباتات

الأخرى. كذلك، فإنّ السدود -كسد أسوان

غير نهر النيل، بمصر- تؤمّر تدفق الطغي

على امتداد النهر. وكان الطغي فيما مضى يغمّر

الأراضي الزراعية ويُخصّب التربة.

## لزيد من المعلومات انظر

التجربة والثلجات ص ٢٣٠

الأنهار ص ٢٣٣

الديدان ص ٣٢١

المفصّلات ص ٣٢٢

الأسماك ص ٣٢٦

الزواحف ص ٣٣٠

الشليل والشبكات الغذائية ص ٣٧٧



# المناطق الرطبة

تُغطّي المناطق الرطبة - من المَنَاقِع العُشْبِيَّة والسَّبخَات الخُثِيَّة والمَغَاضِ الدَّغَلِيَّة، الغدبة أو المالحة المياه - قرابة ٦٪ من سطح الأرض. وتولّف على اختلافها بعضًا من أغنى النُظُم البيئية في العالم. فهي الأكثر إنتاجًا للمواد النباتية بين تلك النُظُم، وتُستوطنها مجموعات مُتنوعة من صغار اللُّبونات ومن الطُيور والحشرات والأفقراريات الأخرى. وتَقْصِدُها أسراب الطُيور المُختلِفة لِلتَّعْشِيش حيثُ الأعداء قليلة فيها، فالضُّواري الكبيرة تَعُوضُ في تربتها الرخوة وتَعْطَلُ حَرَكَتها. وبسبب تَغْيِير مُستويات الماء في المواسم المختلفة يَنبَغِي لِأَحْيَاء البرية، هنا، التَّأقُّلُ لِلعِيش في ظروف الرطوبة والجفاف السائدة.

## أَيُّ المَنَاقِع (سَيَّانُجَا)

أَيُّ المَنَاقِع (نَواجِيلاوس سِيكي) الإفريقي ذو أظفار مُفلطحة لا تَعُوضُ في الأراضي المنقوعة. وهو سَبَّاح ماهِرٌ، وبإمكانه إذا داهنهُ الحُظُرُ، العُطْلُ في الماء فلا يَظْهَرُ به إِلَّا طَرَفُ أَنفِهِ لِلتَّنَفُّسِ.



خُرُوف البَغر لَيُورُ مائِي العِيش يَتَنَفَّسُ الهَوَاءَ، وقد يَبْقَى تحت الماء قرابة ١٥ دقيقة قبل أن يَظْهَرُ لِلتَّنَفُّسِ.



أَصْغَرُ مُشارِيَّة (مُسلَّةُ الورق) تَقْطُرُ مِنها تَجمَعاتُ شَجَرِيَّة

شَرُورُ أَجَرُ قَرَم (تَأكْثُويوم بيشيتكوم)

قَطِيرُ فَراشَةُ الرُّزْد (فيليكونوس تشاريتونوس) يَطِيرُ بِأَجْنَحَتِها الطويلة الضيقة، وتَتَجَمَّعُ جَماعَتُ كَبيْرَةٍ مِنها لِيَلْأَ قَوِي الغسَّالِجِ الخَزْداءِ.



يَتمو مَضُوبَرُ المَنَاقِع (يَتَنوس اليُونُي) والنَّخِيلُ المُشْتَرُ السَّعْفُ (سِرُنُوا رِيَنز) على المَرتَعاتِ.



فُكاسِيَةُ الماء (أَغْكِشْتَرُونوس بيشيفورس) خَلِيَّةٌ أَمْرِيكِيَّة سَامَةٌ تَتَصَيَّدُ لِيَلْأَ.



الملائكة الأعوانى (أَهْجَا أَهْجَا) يَغُوضُ في الماء لِصَيْدِ السَّمَكِ، ثُمَّ يَخْلُطُ بَصَفَ مَقْتَرِحِ الجَناحَينِ لِتُجَفِّفَهُما في الشَّمْسِ.

شَجَرُ القَرَامِ (الْمَنْغروف) في سَبْخَةٍ شاطِئِيَّة

## سَبْخَاتُ فُلُورِيْدَا الحَرَجِيَّة (الإفْرِجِيلْدز)

في الطَّرَفِ الجَنُوبِيّ من ولاية فُلُورِيْدَا بِالوَلَايَاتِ المُتَحِدَةِ، تَوجَدُ مَنتَقَةٌ شاسِعَةٌ (حوالي ١٣٠٠٠ كم<sup>٢</sup>) من سَبْخَاتِ الجِراجِ الشَّرُوبِيَّة تُسْتَوِطُنُها أنواعُ نادرَةٍ كخُرُوف البَغر (تريكيوس ماناتس) والكُؤُخِر (فيليس كونكولور كوري). وهي الآن مُتَرَدِّة قَوْمِيَّة؛ لِكِنْها مُهَدَّدَةٌ بِالكَيمَاوِيَّاتِ الزراعيَّةِ والتَّجْفِيفِ والتَّلُوثِ والسَّبخات - فالقوارب السَّريْعَةُ تَقْطُرُ أَكْثَرَ من ١٠٠ خُرُوف بَغر سَوِيًّا.



الْمُسلَّاعُ الأَمْرِيكِي (البِجِيُونُ السِيبيي) أَكْثَرُ الرُّوْاجِفِ في أَمْرِيكا الشَّمالِيَّة وأَعْلَاهَا حُوزًا - ففِي الرُّبُوعِ تَجاوَزَ الأَكُورُ عَالِيًا لِأَجْنَتِها الإناثِ.

شَخْ أَو مَقْار (أَبِيشوشيتوس أوسيتوس) ذو خِيالَتَيْمِ لِلتَّنَفُّسِ تحت الماء، لِكِنْهُ يَسْتَطِيعُ أيضًا تَنَفُّسُ الهَوَاءِ إذا جَلَّتِ المِياهُ.



قَلِيلُ الرُّزْدِ اللَّوْنِي

- ماء
- خُثٌّ مُنْقَعِي
- قَطَرٌ خُثْرِي
- وَحْلٌ خُثْرِي
- خُثٌّ



## مَثَلٌ عَلَى الصَّاعِبِ البِيئِي

فَد تَتَكَوَّنُ السَّبخَةُ الخُثِيَّةُ، حيثُ تَزْخَرُ النَخِيرَةُ بِالوَحْلِ والنباتات كما يلي: (١) مِياهُ البَحِيرَةِ صافِيَّةٌ وَالوَحْلُ في القاعِ، (٢) يَتَجَمَّعُ الوَحْلُ حَوْلَ جُلُودِ النَباتاتِ، (٣) تَتمو القَحْطابُ الحَوازِيَّةُ وتَراكمُ رَواعِي مِنَ الخُثِّ، (٤) تَزُولُ البَحِيرَةُ وَيَبْقَى مَكَانُها قُبَّةٌ مِنَ الخُثِّ.

## شَجَرُ القَرَامِ (الْمَنْغروف)

أَكْثَرُ الأشجارِ شُيُوعًا في مَنَاقِعِ المِياهِ الغدبية أو المالحة الاستوائية هي أشجارُ القَرَامِ (الْمَنْغروف). فهي تَسْتَطِيعُ العِيشَ في المَوْجُوْلِ المُشْبَعِ بالماءِ بِفَضْلِ مَسَامِ التَّنَفُّسِ في جُذُورِها. وِبَعْضِ القَرَامِ ذو جُذُورٍ هَوَائِيَّةٍ (فوق الماء) تَحْصُلُ على الأَكْسِجِينِ. وَيَتمو القَرَامُ الأَحْمَرُ (ريزوفورا فالجيل) في السَّبخاتِ السَّاجِيَّةِ وَمُصبَّاتِ الأنْهَرِ، فَيَحْمِيها مِنَ العواصفِ وأمواجِ المَدِّ.



## لَمزيد من المعلومات انظر

- الشُّعْطُ ص ١٢٧
- الرُّوْاجِفُ ص ٣٣٠
- اللُّبونات ص ٣٣٤
- الغُلَّافُ الخُثْرِي ص ٣٧٠
- الحياة البرية في خُطَر ص ٣٩٨



# الصَّحَارِي

الصَّحَارِي أَكْثَرُ الْمَنَاطِقِ جَفَافًا عَلَى الْأَرْضِ، إِذْ يَبْقَى مُعَدَّلُ الْمَطَرِ السَّنَوِيِّ فِي مُعْظَمِهَا عَنْ ١٠سم؛ وَقَدْ تُخْتَبَسُ الْأَمْطَارُ فِي بَعْضِهَا تَمَامًا مَدَى عِدَّةِ سَنَوَاتٍ. وَالصَّحَارِي فِي غَالِبِهَا حَارَّةٌ يَحِثُّ إِنَّ مَا يَتَبَخَّرُ مِنْ مَائِهَا إِلَى الْهَوَاءِ أَكْثَرُ مِمَّا يَسْقُطُ عَلَيْهَا مِنْ مَطَرٍ. وَتُجَابِهِ الْبَتَاتَاتُ الصَّحْرَاوِيَّةُ هَذِهِ الظُّرُوفَ بِجُدُورٍ غَائِرَةٍ أَوْ وَاسِعَةٍ الْإِنْتِشَارِ، إِضَافَةً إِلَى قُشُورٍ لِحَائِيَّةٍ عَاسِيَّةٍ وَأَوْرَاقٍ صَغِيرَةٍ أَوْ شَوْكِيَّةٍ وَوَسَائِلَ خَاصَّةٍ أُخْرَى لِاخْتِزَانِ الْمَاءِ. أَمَّا الْحَيَوَانَاتُ الصَّحْرَاوِيَّةُ فَالكَثِيرُ مِنْهَا لَا يَشْرَبُ مُكْتَفِيًا بِمَا فِي طَعَامِهِ مِنْ مَاءٍ. وَنَتِيجَةً لِقِلَّةِ أَنْوَاعِ النَّبَاتِ وَالْحَيَوَانِ فِي الصَّحَارِي فَإِنَّ التُّرْبَةَ شَحِيحَةَ التَّرْوُدِ بِالْمُخَصِّصَاتِ مِنْ قَضَلَاتِ الْكَائِنَاتِ الْحَيَّةِ وَبَقَايَاهَا؛ كَمَا أَنَّ هَذَا الْقَلِيلَ مِنَ الْمُغْدِيَّاتِ يَسْتَعْرِقُ وَقْتًا طَوِيلًا لِإِعَادَةِ تَدْوِيرِهِ فِي النِّظَامِ الْبَيْئِيِّ.



## الصحراء في النهار

درجات الحرارة، نهارًا، في الصحاري الحارة، قد تزيد على ٥٠°س، وقد تبلغ درجة حرارة الرَّمْلِي السطح فيها ٩٠°س. لذا تلجأ معظم الحيوانات إلى جحورها أو تستظل تحت الشجور حيث الهواء أبرد وأرطب. والمساء في معظم نباتات الصحاري تظل مُفْلَتَةً جلال النهار للحد من فقد الماء؛ وبعض هذه النباتات ذو أوراقٍ شَعْرِيَّةٍ تُعَكِّسُ صَوَّةَ الشَّمْسِ الْقَوِيَّ.



أدنا تَلَبُّبُ الْفَتَكِ (فَلَيْسَ زُرْبًا) الْكَبِيرَتَانِ شُعَاعِيَانِ فِي سَمَاعٍ صَوْتٍ اخْتَلَفَتْ حَرَكَةُ لَفْرِيسَةٍ فِي الْجَوَارِ. كَمَا تَعْمَلُ الْأَدْنَانِ عَلَى تَرْبِيدِ التَّلَبُّبِ بِابْتِعَاقِيَّيْهِمَا الْحَرَارَةَ كَتَشْفِيقَيْنِ.



التَّلَبُّبُ الْقَسِيءُ (فَلَيْسَ شُرُوبَتَس) يَخْرُجُ لِلصَّبِيرِ لِيَلَا؛ وَهُوَ سَرِيعُ الْعَدْوِ يَحْتَشِصُ الْحَيَوَانَاتِ الصَّغِيرَةَ قَبْلَ أَنْ تَتَجَرَّجَ فِي جَحُورِهَا.

## التطور المتقارب

الحيوانات التي تعيش في مواطن بيئية متماثلة في أنحاء مختلفة من العالم غالبًا ما تكون مُتَشَابِهَةً - كَمَا هِيَ الْحَالُ فِي التَّلَبُّبِ الْقَسِيءِ بِأَمْرِيكَا الشَّعَالِيَّةِ وَتَلَبُّبِ الْفَتَكِ فِي إِفْرِيقِيَّةٍ. ذَلِكَ لِأَنَّ كِلَا التَّوَرَعَيْنِ تَكُونُ لِنَظْمِ فِي نِظَامِيَّيْنِ مِنَ الشَّبَعِ نَفْسِهِ - حَيْثُ الظُّرُوفُ الْبَيْئِيَّةُ مُتَمَاثِلَةٌ؛ فَلَا عَرَابَةَ أَنْ يَكُونَ التَّطَوُّرُ مُتَقَارِبًا.



غطاء الشجول (شورومالس أوبشس) تتشقق ضبابها حتى تُدْفَأَ وَتَنْشَطُ فَتُطْلَقُ نَشْطًا عَنْ أَزْهَاقٍ أَوْ شَمَائِلٍ أَوْ تَزُورُ تَائِكُهَا.

الجُرَدَانِ الْقَلْبَرِيَّةُ (سِيئُونُومِيْس) بِوَرُؤَيْهِ تَحْتَمِلُ عَرَى كِفَايَتِهَا مِنَ الْمَاءِ مِنَ الْبُزُورِ الَّتِي تَأْكُلُهَا. وَهِيَ تَحْمِلُ الْبُزُورَ إِلَى جَحُورِهَا فِي جَنُوبِهَا الْخَدِيَّةِ.

بِعُضْلِ وَجَلِيهِ الْخَلْفِيَّيْنِ الْقَوِيَّيْنِ يَسْتَطِيعُ الْأَرَبُ الْأَمْرِيكِيُّ الْأَسْوَدُ الذَّيْلُ (لَيْبِسْ كَالِيْفُورْنِيَّيْنِس) الْقَفْزَ شَبْعَةً عَنِ الْخَطَرِ بِسُرْعَةٍ قَدْ تَبْلُغُ ٥٦ كم/س.



## التنمُّج المُجَابِبِ

العديد من أقاعي الصحاري الرَّمْلِيَّةِ كَهَذِهِ الْأَفْعَى الْجَانِبِيَّةِ التَّمُجِ (بَايْنِسْ بَرَلْجُورِي). تَنْتَقِلُ بِقَدْرٍ نَفْسِهَا فَوْقَ الرَّمْلِ فِي تَمُجَّاتٍ قَوِيَّةٍ مُجَابِلِيَّةٍ (عَلَى شَكْلِ «S») لَا أَمَامِيَّةٍ. وَتَرْبِيَةُ هَذَا الشَّبَعِ مِنَ الْإِنْتِجَالِ هِيَ أَنَّ جُزْأَيْنِ فَظٍّ مِنْ جِسْمِ الْأَفْعَى يَلَامِسَانِ سَطْحَ الرَّمْلِ الْحَارِّ كُلُّ مَرَّةٍ؛ كَمَا إِنَّ نَمَطَ التَّنَجُّلِ هَذَا يُجْعَلُ مِنْ غَيْرِ التَّمُجِّ أَنْ نَعُوضَ الْأَفْعَى فِي الرَّمْلِ الرَّخْوِ.

التخيل العربي الأحادي الشتاء (كبلوس درويذاريوس) يُسَكِّنُهُ الصَّوْمَدُ أَسَابِيغُ دُونَ مَاءٍ. وَهُوَ قَدْ يَشْرَبُ قُرَابَةَ ١١٤ لِقْرًا مِنَ الْمَاءِ فِي سَقِيَّةٍ وَاحِدَةٍ.



يَلْبَسُ النَّبَاتُ مُعْظَمَ مَائِهِ عَرَبِ الْأَوْرَاقِ؛ إِذَا فَإِنَّ أَنْوَاعَ الشَّجَرِ؛ كَالْمِثْلِيلَارِيَا أَيْلُونِيَّاتَا، لَا تَحْمِلُ أَوْرَاقًا، بَلْ أَشْوَاكًا تُخَمِّصُهَا مَنْ أَنْ تُؤْكَلَ. وَيُخْتِزِنُ الشَّجَرُ الْمَاءَ فِي جُدُوعِهِ الْغُلِيظَةِ.



## صهاريج التخزين

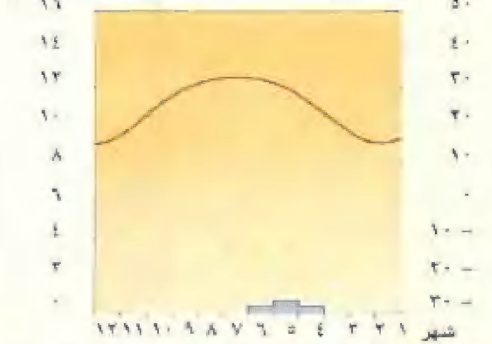
تُجَابِهِ الْبَتَاتَاتُ وَالْحَيَوَانَاتُ الصَّحْرَاوِيَّةُ ضَرُورَةَ التَّكْيُفِ لِلْعَيْشِ غَيْرِ قَرَارٍ جَفَافٍ طَوِيلٍ. فَبَعْضُ الْحَيَوَانَاتِ يَخْتِزِنُ الدَّهْنَ فِي أَسْبَاجَةِ جَسَدِهِ - وَهَذَا الدَّهْنُ يُعِينُ تَفَكِّكُهُ لِتَوْقِيرِ الطَّاقَةِ وَالْمَاءِ عِنْدَ الْحَاجَةِ.

يَخْتِزِنُ سَيْحٌ مِيلَا (هَلُونِيَّيْمَا شَسِيْقَتُمْ) الدَّهْنَ فِي ذِكْلِهِ الْغُلِيظِ، لِئَسْتَعِينَ بِهِ عَلَى تَجَاوُزِ الْغَدَاتِ الْعَصِيَّةِ.



كمية المطر - بالملم

درجة الحرارة - °س



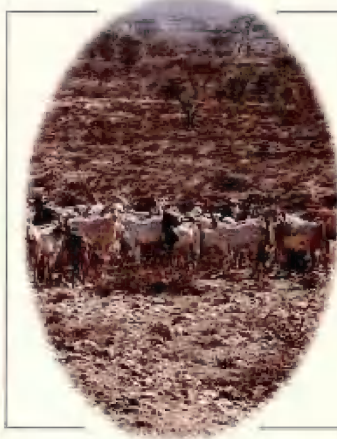
المعدلات الشهرية لدرجات الحرارة وكمية المطر في أسوان، بمصر  
المناخ

تقع الصحاري الكبرى على مقربة من خط الاستواء، وهي حارة جافة على مدار السنة - لأن الرياح التي تهب عليها لا تحوي إلا القليل جدًا من الرطوبة. أما صحاري المناطق الباردة في العالم، كصحراء جوبي في آسيا الوسطى، فهي حارة صيفًا وباردة شتاءً. كذلك تتواجد الصحاري في شتريات الجبال العالية، كصحراء أنكا في أمريكا الجنوبية.

الجفاف الكيويروتي (لاوسا تراينينكا) تشغل قممات متساوية الارتفاع تقريبًا لأن جذور الواحة منها تمتد كل ما في البنية حولها من مغذيات وماء.

وزل الصحراء يضي الليل علنًا تحت صخرة، لكنه ينشط في النهار.

تستخدم العقارب خناجر سامة في اطراف انبساطها عن النفس أو لقتل الفرائس. هذا عقرب أريزونا (سكوتروبيدس سكلترانس)



### التصحّر (امتداد الصحاري)

امتداد الصحاري خطر يهدد كوكبنا المأهولة السكان؛ وسكان التجمعات المجاورة للصحاري مسؤولون جزئيًا عن ذلك. فالزراعة المفرطة وقطع الشجر لأغراض البناء، يحيلان الأرض إلى صحاري ويُسهمان في عمليات التصحر. وتتعدّد هذه المشكلة بخاصة في المناطق التي الجبس عنها المطر عدّة مئتين.

### الصحراء في الليل

تتغير درجة الحرارة في الصحراء ليلاً وتعدو الهواء أكثر رطوبة - فيخرج الكثير من الحيوانات للصيد، وتبدأ الحياة في الصحراء وتنشط. لكن الطعام شحيح، والكثير من الباجات عنه، كالغنايب والعقارب، سامة جدًا. وإذا التقى بقرية مناسبة، فإنها تسفل عليها بالسرعة الممكنة ولا تترك لها فرصة للإفلات.

حغو، أو دغوبقة، الميثار (كنيلورنكس تراتيكوبيلس) تبني عشها في ثبات الميثار - حيث تكون فراخها في حافن من الأعاء بفضل اشواكها الحادة.

الثوبه القزامة (بيكراتين هويثي)، أصغر النور في العالم، تختبئ لهاذا في تجاويف جذورها في الخشب في جذوع الميثار.

الميثار الشغوري (سيثيس جينجنتوس) ذو إصاء متطاع غليظ. وهو يتنقّب الماء عن شبكة واسعة الانتشار من الجذور الضحلة.

الطيران الانغ (سيليوجيل بوتوريوس) ينشط ليلاً. في الغالب، في طلب الحيوانات الصغيرة والبيض والحشرات والثمار.



زنبلاء الصحاري (افونيليا كوكوس) عتيق سامة تنف في جحورها لهاذا.

غلاجيم الغرب المجراف (سكوييس هلمدي) تنشط ليلاً فقط. وهي تستخدم «رؤساء ضلبي» في اقتادها الخلفي لغفر الجحور.

ماء الواحة غصده شناع قطر يقد عدة كيلومترات.

### الواحات

في بضعة أماكن من الصحراء يتسرب الماء عن الأرض فيكون منطقة رطبة، حيث يمكن نمو النباتات، تدعى واحة. فالواحات مراكز حيوية للحيوانات والفواقي التي تغير الصحراء. ومصدر مياه الواحة هو الصخور المشبعة بالماء على مقربة من سطح الأرض. وهذه المياه قد تكون تساقطت من على بُعد عدة كيلومترات، ثم تسربت إلى الواحة عن طريق الصخور تحت الصحراء. لكن الواحات قد لا تدوم طويلاً؛ فقد نجف مياها أو تغيرها ثقبان الرمال. وعلى الناس والحيوانات، حينئذ، الانتقال إلى مكان آخر.

واحة في أستراليا



### لزيد من المعلومات انظر

- انقل الحرارة ص ١٤٢
- الناس ص ٢٤٤
- التطور (النشوء بالتحوّل العنصري) ص ٣٠٨
- نظام الثقل في الثبات ص ٣٤١
- الحركة ص ٣٥٦



استبيس (السهوب الروسية)

بريري (مروج أمريكا الشمالية)

پامباس (سهول أمريكا الجنوبية)

تورغ (سهوب هادري)

شافانا (سهوب هادري)

سافانا (سهوب هادري)

هارار (سهول إثيوبيا)

إسوتلندي (سهول جنوب أفريقيا)

توزيع السهوب المرحلية الرئيسية في العالم

وَيَتَرَايِدُ. كَذَلِكَ فَإِنَّ الْأَعْشَابَ سُرْعَانَ مَا  
تَسْتَعِيدُ حَيَوَاتَهَا وَتَنْشَارُهَا بَعْدَ الْحَرِاقِ

الكثيرة الحدوث في هذا النظام  
البيئي، وتُضطرُّ حيواناتُ

الشَّهْوَى فِي مَوَاسِمِ الْجَفَافِ  
أَوْ التَّيَرِدِ إِلَى الْإِرْتِحَالِ

مَسَافَاتٍ طَوِيلَةً فِي ظَلَبٍ  
كَفَافَتِهَا مِنَ الْمَاءِ

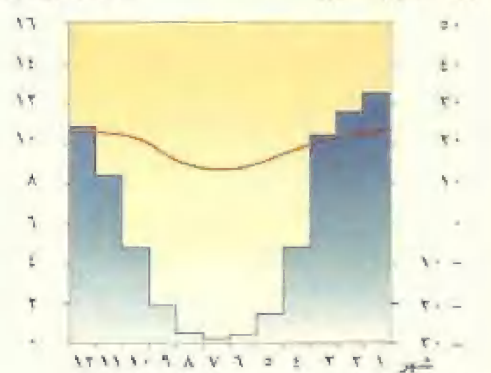
والطعام  
للغيش،  
الذُراري (جرباني)

٦  
بأوراق الشجر حتى غلُظ  
أمتار عن سطح الأرض.

الشهوت العنيفة في المناطق المدارية يشرق إفريقيا تُدعى الشفان. وفيها يعيش أكثر من ٤٠ نوعاً من الرّاعيات اللبونة تنقسم الغذاء. ويتوافر عادة ما يكفي من الرعي لتلك الحيوانات - إذ إن مختلف الأنواع تُتغذى بمختلف أجزاء الأعشاب والحبّيات والشجر. فحُمُر الزرد، مثلاً، تأكل رؤوس الشوك العشبية ونبات اللّو تأكل أواصيلها وعزّالان طومسون تأكل أسافلها. وتُركّز طاء الدفدق الصغيرة على الحبّيات الخفيفة؛ في حين تُتغذى الزرافة بأوراق وعصاليح الشجر العالية.

ثِيَابُ النَّارِ تَأْكُلُ أَوَسَطَ الْعِشْبِ  
الْوَرْقَةِ، وَهِيَ تَعْتَبُ فِي  
حَوَالِي ٩٥ يَالَمَةَ  
مِنْ مَقَامِهَا عَلَى  
الْأَعْيَابِ.

المتوسط الشهري لدرجات الحرارة وكمية المطر في هازار، زنبايوي (روديسيا سابقاً)  
 درجة الحرارة - °س      كمية المطر - بالم



المُناخ

السُّهُوبُ المَدَارِيَّةُ دافئةٌ على مدار السنة، لكنَّ قُضُلَ الطَّيْفِ جافٌ طويلاً. أمَّا سُهُوبُ المناطقِ السُّعْدَلِيَّةِ فتنساقطُها باردةٌ جدًّا مع ثوراتٍ ضخمَةٍ قاسيةٍ، وضيئها حارٌّ جافٌ. ويُسَمَّى المَحَقُّظُ أعلاه مُتَناءٌ مَدِينِيَّةٌ فِي السُّهُوبِ المَدَارِيَّةِ.

ظيَاءُ الدُّقِّ الصَّغِيرَةِ تَقْضُمُ  
أوراقَ الخَنِيَّاتِ الطَّرِيَةِ.  
بِخَاصَّةٍ فُرُوعَ السَّنَنِ الطَّرِيَةِ.

حَمَرُ الزَّرْدِ تُعْطَى بِرُفُوسٍ  
الْأَعْشَابُ الْقَاسِيَةُ الْحَسِينَةُ،  
وَتُشْبِهُ الثَّرِيَّةَ فِي صُلْبِ الْجُدُورِ.

الضَّوَارِي

أعداد كبيرة من العاشبات في السفانا  
الافريقية تنفع فراسس لأصناف مختلفة من  
الضواري. وينتزع كل ضار إلى قرابه  
المفضلة تبعاً لأسلوبه في الصيد. فالفهود  
تستطيع مطاردة الغزالين بسرعات تبلغ  
١٠ كم/ساعة لقتال قصيرة. والأسود لا  
تبلغ هذه السرعة، لذا فإنها تحاول الافتراس  
من الغريسة ما أمكن، وهي قوية وتضطاد  
جماعات، فيمكنها قتل حيوانات كاري  
كثيرة الثور، والضباع أيضاً تضطاد  
جماعات، لكن أكبر ما تقبض لا يتجاوز  
عادة حجم الأرذ.

قنبد (أسينونيكس  
جويافوس)

مخزال عوفشون (جاولا ملوكشوني)

اسد (پانثرا ليو)

ميتل الو (كولوكيتس تورينوس)

جعار الزرد  
(انكوس ثوريشلي)

ضبع (من نوع هايينا)



## الشهوب المغشبة الآسيوية

تند الشهوب المغشبة (التشيبي) غنى أواسط آسيا - من أوروبا إلى الصين، وفي الماضي كانت تجوب هذه الشهوب قطعان كبيرة من الحيوانات الرعائية، كاليزون (يزون بوناس) وظلي الشيغا (شيغا تزاريجا)، تقضي أعمارها فتشظ نساءها المتجذدة، وتدوس بوزرها فتقررها في الأرض لتنتن وتشموا كما تخلص تربتها بوزنها وقضائها لكن الصيد والمزارع والاستزراع قضت على معظم هذه الحيوانات. وخديرو بالذكر أن طياء الشيغا أجده في النكاثر بفضل تدابير الحماية المطبقة حالياً.



الغزل، أرنط، پتاغونيا (دوليكوتس پتاغونيا) تعيش جماعات قد يبلغ عددها ٥٠ في الجحر الواحد. وهي تستطيع الهرب من الخطر بقفزات سريعة، تقارب واجدتها الميزين، بفضل رجليها الخلفيتين الطويلتين.

## المنججرات

في شهوب (البلياس) بأمريكا الجنوبية، تعيش أعداد ضخمة من اللبونات الصغيرة تحت الأرض في مآمن من حفر الحرائق والضروري. وهذه المنججرات تسهم في مزج طبقات التربة فلا تتراكم

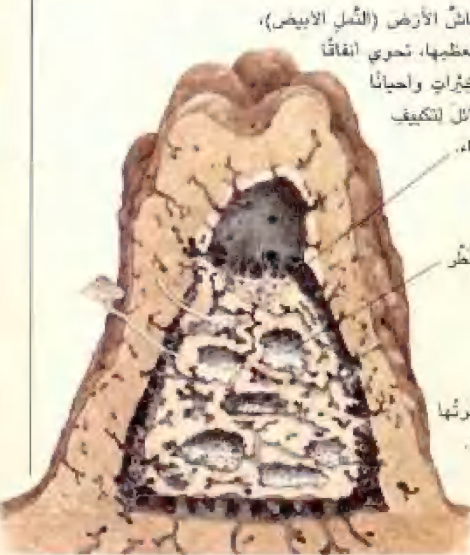
المعادن على السطح، مما يعني التربة بالمغذيات ويعزز نمو الأعشاب والنباتات الأخرى. وفي شهوب البريري بأمريكا الشمالية، تعيش السناجب الأرضية (من نوع سايتميس) المعروفة بكتلاب الشرج في جماعات ضخمة ضمن مستوطنة كاملة متصلة شبكة الجحور. وهي تحفر، بالرعي الخفيف، كامل المنطقة حول الجحور لتنتج تحركات الأعداء نحوها مكشوفة للرؤية.



## أخطار تهدد الشهوب الغشبية

تحقق الصيد عدة الحيوانات الرعائية ومفترساتها، في الشهوب الغشبية، إلى حد بعيد، حتى في مناطق الحظر لا يزال الناس يصطادون خلسة بدون ترخيص، ونتيجة لذلك فقد قتل خلال الثلاثين سنة الماضية ما لا يقل عن ٨٥ بالمئة من الكركانات في العالم. ويقوم خنزير الصيد، في كينيا وسواها، بتعقب الصيادين المخالفين، ويقتلون أحياناً حيوانات اصطيدت بصورة غير قانونية.

أعشاش الأرض (النمل الأبيض)، في مغشيتها، تحوي أنفاقاً وحفريات وحياتاً وسائل لتكييف الهواء.



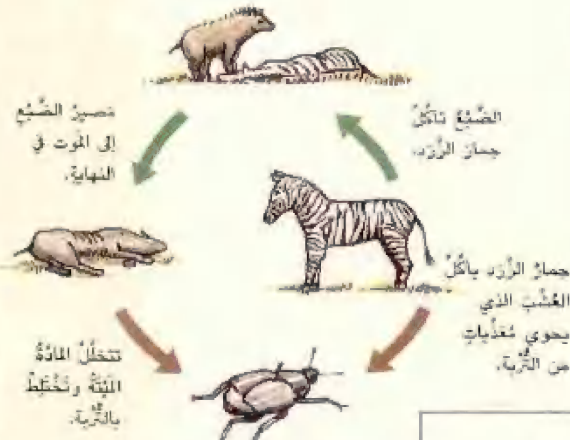
## الأرض (النمل الأبيض)

الأرض من عوامل الإحتلال الأساسية في الشهوب الغشبية، فهي تأكل المواد المغنية أو تنقلها إلى داخل أعشاشها الرعائية الطبية لاستخدامها دماً (حليب نسيب) للفتور التي تنشيها لتغذي بها. وقد يعلو النمل الرعائي لبعض أنواع الأرض ٢٠.٥ م ويستوطن قرابة ٢٠ مليون أرضة.

تحفر القسكاشات (لاجوشوشوس مكسيمس) شبكات ضخمة من الأنفاق بارجلها الأمامية القوية. وتستطيع خلق المشرعين أثناء الحفر لتنع التراب من المدخل فيهما. وهي تشوع ليلاً فتأكل الأعشاب والنباتات الأخرى.

## جورج وجوي آدمسون

عمل قيم الصيد البريطاني جورج آدمسون (١٩٠٦-١٩٨٩)، وزوجته جوي (١٩١٠-١٩٨٠) على حماية الحياة البرية والعناية بها في كينيا، بإفريقية. وكانت الزوجة تهتم بالأسود بصورة خاصة. وقد اشتهرت بتربية اللبوة إنسا كجزوة ثم أعادتها إلى الحياة البرية. وقد أخرجت قصة إنسا فيلمًا سينمائيًا عام ١٩٦٠ بعنوان «ولدت حرة». وللاسف، قتل جورج وجوي آدمسون غيلة في كينيا.



## دورة المغذيات

يغذي الكثير من الحيوانات والنباتات والفطر، في الشهوب الغشبية، بالنباتات أو الحيوانات الميتة أو يتروث الحيوانات، فيصبح بعض هذه المغذيات جزءاً من أجسام الحالات ويصير بعضها في آخر الأمر إلى إخصاب التربة. وهكذا فإنه لا يصنع شيء، بل تدور المغذيات في حلقة متواصلة.

### لمزيد من المعلومات أنظر

- الشاخ ص ٢٤٤
- التغذية ص ٣٤٢
- الهضم ص ٣٤٥
- السلاسل والشبكات الغذائية ص ٣٧٧
- الهجرة والإشتات ص ٣٨١



# الغابات المطيرة الاستوائية

الأنظمة البيئية في الغابات المطيرة المدارية تضم أكثر من نصف أنواع الحيوانات والنباتات في العالم، رغم أن ما تغطيه هذه الأنظمة يقل عن ١٠٪ من مساحة اليابسة. تنمو هذه الغابات في المناطق القريبة من خط الاستواء في أمريكا الجنوبية وإفريقية وآسيا وأستراليا. وهي تزخر بالحياة لتوافر الظروف الملائمة لازدهار الكائنات الحية - من رطوبة ودفء وضوء شمس ساطع من فوقها. أشجار هذه الجراج تنمو بسرعة، وتبلغ ارتفاعات عالية في تنافسها للحصول على أكبر كمية ممكنة من نور الشمس.



الغابات المطيرة المدارية الرئيسية في العالم

الغابات الخسافة (ماريا هاريجا)، أكبر الكاسر في العالم، تخلق فوق ظلة الشجر المتشابكة بحثاً عن السعادين والدبابات الخسائي



رعاية الغابات

تقوم هذه العائلة في الغابات المطيرة البرازيلية بصلح السلال من مواد طبيعية. لقد عاش سكان الغابات آلاف السنين في تناج مع البيئة، يزرعون تربتها من الأروع في مساحات صغيرة يملكونها بعد بضع سنوات تاركين الثروة يترتاح وتسعيد خصوصيتها. وبذلك يحصلون على الفائدة القصوى من الشغليات.

الدبابات الخسائي (درايموس ترايدكتيلس) تأكل وتنقل وتنام معلقة، راساً عن غيب، بأغصان الشجر مستخدمة شاليتها الطويلة الخسائية.

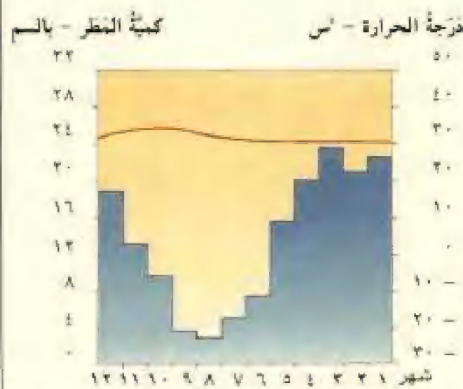
## الطبقات الأحيائية

الأحياء البرية في الغابات المطيرة الأمازونية تعيش على مستويات متباينة. فمعظمها يعيش على مقربة من ذرى الشجر - في الظلة، حيث توافر كميات ضوء الشمس والدفء والطعام. وينضال تنوع الحياة البرية في الطبقات الأدنى الأعم والأبرء، تحت الظلة. أما الحيوانات الكبرى فتعيش على أرض الغابة.

شذرج خشود النمل الفيلقوية (من الغابة في طواير من حوالى ١٠٠٠-٢٠٠٠ نملة، بحثاً عن الطعام ليرقمانتها).



الجوتي (من نوع داسي هيكاتا)



التعدل الشهري لدرجات الحرارة وكمية المطر في تناوس، بالبرازيل

## المناخ

الغابات المطيرة دافئة على مدار السنة وتتراوح درجات الحرارة فيها بين حوالي ٢٠ و ٢٨ مس. ومناخها هو الأكثر رطوبة بين مختلف الأنظمة البيئية، إذ تهطل فيها الأمطار كل يوم تقريباً، ويبلغ معدل المطر السنوي فيها ٤ أمتار.

صفادج الشجر عائد الانتشار. إن تشطيل وضع بيوضها في بزيكات الماء المتشقق في الشجر.

## السعادين الغنكية

(من نوع إيتلس) تستخدم أذيالها في قبض الأغصان.

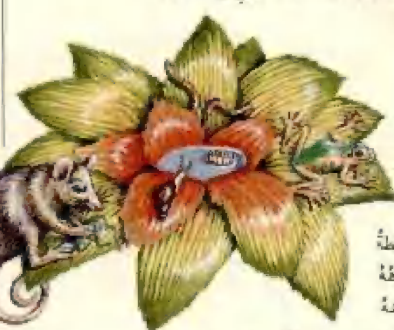
أصل الشجر الخضراء (كوزس كانييس)



في الطبقة الشخية، تتخوى النباتات المغرشة والمتسلقة حول الشجر والجفبات.

فردة الخنثور المرشدة (باليرا أوتكا) تموله أثناء تضيقه فرائسته كالاجونيات والبقاري الجذريفة.

تشطيل الفطريات العيش على أرضية الغابة لأنها لا تحتاج الضوء لتخليق غذائها.



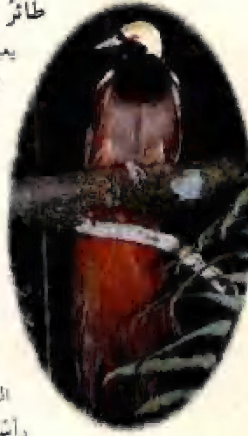
## نظام بيئي صغير

البروميلياويات نباتات تعيش على أغصان الشجرة ويجمع الماء فيها بزيكات تولف نظاماً بيئاً صغيراً يوفّر فيه الورق المتعفن وذرق الحيوانات غذاء للبكتريا والعشرب التي تغدو بدورها غذاء للحيوانات الصغيرة.



## التَّغَلُّ في الغابة

حيوانات الغابات المطيرة مهيأة بميزات خاصة تُعينها على التَّغَلُّ بين الشَّجَر. فالطيور ذات أجنحة عريضة قصيرة تُمكنها من الانعطاف والدوران بين الأغصان. وبعض الحيوانات مُحَنَرَّة بِسِّدَلَات جلدية تَنبِيْط كالأجنحة فتُمكنها من الانزلاق شراعياً من عُصَي لآخر. وتُستخدِم السَّعَادِيْن أَدْبِيْها وأقدامها للتَّسَلُّق، وبعضها يقبض الأغصان أيضاً بِذَيلِه الشَّهابي ليقبض كأنه يَدٌ إضافية.



## طائر الفردوس

يعيش طائر الفردوس الرَاجِياني (هَرادِنِيَا راجِيانا) في الغابات المطيرة في بابُوَا (غينيا الجديدة). وهو ذو جناحين قصيرين للطيران بين الشَّجَر، وقدسَت قُوَّتين لِقَبْض الأغصان. وباستِطاعة الذَّكَر، كالمُيْنِ هنا، التَّعلُّق من عُصَي، مُتَّعِيلاً رأساً على عَقب، لِاجْتِذاب الإناث بِرَبِيْشِه الرَّاهِي الأَلوان.

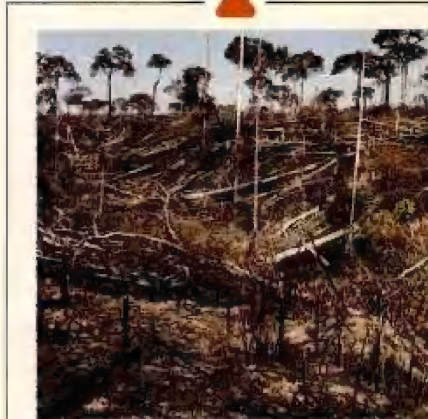
## السُّغَلَة (الأورانغوتان)

يَتَقَلَّحُ السُّغَلَة (بُولُو بيجامبوس) بِسُرعة كبيرة بين الشَّجَر بِقُضَلِ ذِرَاعِيْهِ الطَّوِيلَتَيْن وأصابعه القويَّة. وهو يعيش في الغابات المطيرة في بُوْرْنِيُو وسُوْمَاطْرَا، وَلَقَطَّة «أورانغوتان» كلمة ماليزيَّة تعني «إنسان الغابات».



## الْوَزْعَة الطَّيَّارَة

تعيش الوَزْعَة الطَّيَّارَة (نِيكُوْرُون كَهْلِي) في الغابات المطيرة الماليزيَّة. وبِقُضَلِ القَبَائِطِ الجلدِيَّة على طُولِ جانِبِ جَنبِها وقِيلِها وأرجلها يُمكنها الانزلاق شراعياً من شجرة إلى أخرى. كما إنَّ هذه القَبَائِط تُؤمِّعُها وهي جالسة على لُغَاءِ الشَّجَر. والْوَزْعَة مَرُوْدَة بِمُخَالَفِ حَادِي وَحِيُوْد خَرْنَفِيَّة في أقدامها تُساعدُها على الإلتصاق بِجُذُوعِ الشَّجَر الرُّزْقَة.



## أخطارُ تُهدِّدُ الغابات المطيرة

لقد دُمِّرَ أَكْثَرُ من نِصْفِ الغابات المطيرة في العالم مُنذُ العام ١٩٤٥، وأدَّى ذلك إلى انقراض مئات الأنواع من الحيوانات والنباتات. ويُقدَّرُ الخِزَاءُ مُعَدَّلُ هذا التدمير حاليًا بِمِساسِحَة مَلْعَب لِكُرَّةِ القَدَمِ كُلِّ ثَانِيَّةٍ! والأخطارُ الرَّبِيسِيَّةُ الَّتِي تُهدِّدُ هذه الغابات حاليًا مُضْدَرُّها قاطعو الأشجار لِلخَشَب، ومُخْتَلُّو الحراج لِلزَّراعة وإنشاء المزارع أو لِتَرْبِيَةِ المواشي أو لِتَلْتِمِيسِ عَن النَّفْطِ والمعادن.

### لمزيد من المعلومات انظر

- السَّخا من ٢٤٤
- التَّخْلِيْقُ الصُّنُوعِي من ٣٤٠
- نِظَامُ النُّقْلِ فِي النَّات من ٣٤١
- قُوَّاتُ فِي الْغُلَافِ الْخَيَوِي من ٣٧٢
- الْوَلُونُ وَالتَّشْوِيهِ من ٣٨٠
- الحياة البريَّة في خَطَر من ٣٩٨

## دِرَاسَةُ الغابات المطيرة

تعيش آلاف من الأنواع الحيوانيَّة والنباتيَّة في الغابات المطيرة ولا نَعْرِفُ القِلَمَاءَ عَنْهَا شَيْئاً. لكنَّ البَيشِيْنَ مُتَكَوِّنُون على دراستها حاليًا، مُستخدِمِينَ مُعَدَّاتِ التَّسَلُّقِ الجِلْدِيَّة لِيبْصُلُوا إلى فُرَى القُلُلِ فيها. كما يَقومُون بِسَلِّ مَمَرَّاتٍ دائِمَةٍ بين الشَّجَر.



## رِثَاتُ كَوْنِ الأرض

توصَفُ الغاباتُ المطيرةُ أحياناً بأنَّها رِثَاتُ كَوْنِ الأرض. فالبحاثُ السَّاسِعَةُ منها، كُلُّهذه الغابة في ماليزيا، تَأخُذُ من الهواء كَمِّيَّات ضَخْمَةً من ثاني أكسيد الكربون وتُعِيدُ إليه كَمِّيَّاتٍ كبيرة من الأكسجين والماء أثناء التَّخْلِيْقِ الصُّنُوعِيِّ، ممَّا يُوَثِّرُ في مُنَاشِ الأرض بِكاملِها.



# غابات المنطقة المعتدلة



شصاليبة القنار  
(لوكسيا كيرفوسترا)  
يشق من قشور الكوارز  
الصنوبر بهيقاد  
للبلوغ القزور  
بداخلها.

النمط الحامضي يؤثّر  
سلبيًا على الصنوبريات  
فيشقق أوراقها الإبرية.

## الغابات الصنوبرية

يغلب تواجد الصنوبريات في المناخ البارد. والأشجار لا تستطيع  
سقط الماء من التربة المتجمدة في الشتاء، لكن أوراقها الإبرية  
أغلقت ففقدت الماء من الأوراق المستطحة العريضة. لذا تظل  
الصنوبريات دائمة الخضرة على مدار السنة. كما إن الشكل  
المخروطي، للكثير من الصنوبريات، يجعل الثلج يزلزل عن  
أغصانها، ويحفظ خطر التساقط تحت ثقل الثلج الشراكم.

## أخطار تهدد الغابات

لقد أجيشت غابات عديدة في المنطقة المعتدلة  
لإنشاء المزارع والبيوت. وكثيرًا ما تُستورد  
الصنوبريات من بلدان مختلفة لتحل محل الغابات  
العريضة الورق، لأن الصنوبريات أسرع نموًا  
وتجودها المستقيمة آسرة للشجر أحيانًا خشبية.  
لكن الأحياء البرية في الغالب لا تستطيع العيش  
على الأشجار الجديدة.

مزارع  
صنوبريات من  
جنس بايسيا  
(الراتنجية)  
ولايكس  
(الارزية) في  
سكتلندا



الشصاجيب الرمادية  
(شبيرس)  
كاروليننسز) تدفئ  
بثمار البلوط طعامًا للشتاء،  
وهي بطبيعة الحال، تُصنع بغضها  
فئتنش وتنمو أشجارًا جديدة.

تعيش الخريش «الم أربع  
وأربعين، (ليوبولوس  
فورتيكاس) في الأماكن  
الرطبة، بين الأوراق مثلاً،  
وتصطاد العناكب والديدان  
وخمير القنات ليلاً.

غصن البلوط (السديان) ثغوبه  
زنايبز الغصص (اندريكوس  
كولاري) يوضع بيوضها على  
براعم السديان في الربيع، فتتولد  
اليرقات داخل الغصصات إلى زنايبز تأكل  
طريقها إلى خارج الغصص في الخريف.

## منظومة بيئية سندية

شجرة السديان من غريصات الورق، تولد  
منظومة بيئية متكاملة. فهي تُخلق غذاءها  
بنفسها، وتغذي أوراقها وأزهارها وتغذيها  
ولحائها وحشيتها طعامًا للحشرات والقنوبر  
واللبونات الصغيرة. وهذه الكائنات تغذي  
بذورها طعامًا للحيوانات الأكبر. وفي نهاية  
المطاف ثمرت الحيوانات جميعها وتتحل  
موادها تعود إلى التربة، وتغذيها الشجرة  
تجددًا كمغذيات وتستخدمها في عملية النمو.  
وتعتبر المنظومة البيئية مع الفضول فئتنش فروغا  
مورقة في الربيع وتُسقط أوراقها في  
الخريف. أما في الشتاء، فتتجمع الشجرة  
وتتثبت الحيوانات أو تظل نشطة أو تُهاجر.

نقار الخشب  
الارقط الكبير  
(دندروكوبس بيجر)  
يغشش في تجاويف الشجر  
ناظرًا لحفوها البالبة بفئتنش عن  
حشرات ياكلها.



تعيش حمات القنات  
(يوزيليو شكابر) في  
الأماكن المظلمة الرطبة  
تحت الورق والحجارة  
واللحاء، والخنوع،  
ويغذي بالورق المتعفن  
واللحاء والفطر.



أوعية الانتصار  
(حايكة الرقائق) في  
الفطر العسفي  
(أرميلاريا غليا) تثبت على  
أروماش الشجر وعلى  
الأشجار الميتة في الخريف.

## لمزيد من المعلومات أنظر

- المناخ ص ٢٤٤
- الغابات ص ٣١٧
- النباتات الزهرية ص ٣١٨
- نظام الثقل في البات ص ٣٤١
- دورات في الغلاف الحيوي ص ٣٧٢
- الهجرة والإشبات ص ٣٨١



# الحواضر والمدن

مع تنامي سُكَّانِ المَعْمُورَةِ إلى ما يُقَارِبُ السَّتَّةَ مِلياراتٍ نَسَمَةٍ، تَتَزَايَدُ المِساحاتُ التي تُشْغَلُها الحواضر والمدنُ لاسْتِيعابِهِمْ. وتُضْطَرُّ مُعْظَمُ الأحياءِ البرِّيَّةِ الأصليَّةِ في تلكِ المناطقِ إلى هَجْرِ مَواطِنِها. لَكِنَّ بَعْضَ الحَيَواناتِ والنباتاتِ تَنْجَحُ في التَّعَايُشِ مع الأوضاعِ الجديدةِ - مُسْتَفِيدَةً مِنْ مُناخِ المَدُنِ الأدْفَا (عِدَّةُ درجَاتٍ مِنْ جَوِّ الرِّيفِ) والأَقْلُ تَعَرُّضًا لِعَضْفِ الرِّيحِ. كما تَعْدُو قُضائِلُ البَشَرِ وتُفَايِثُ مَطَايِخِهِمْ مُضْطَرِّ غِذَاءٍ وَفَرًا لِلْكَثِيرِ مِنَ الحَيَواناتِ الأصليَّةِ.

## الحياة في نظام بيئي حضري

يُؤَوِّدُ البَيْتُ وَحْدِيَّتَهُ في نِظامِ بَيْئِ حَضْرِيٍّ، كَالْمَتْنِ هُنَا، مَجَالَاتٍ حَيَوِيَّةً مُتَنَوِّعةً لِلنباتاتِ والحَيَواناتِ. فَالطُّيُورُ، كَالزَّوَاوِيرُ، تَبِيدُ وَتَعُشُّ فِي السَّقْفِ مع الخفافيش والسناجب. والكائنات الأصغر، كالضراصر (نبات وردان) والشمال والخنافس والغث، تَجِدُ طَعَامًا وَمَأْوًى لَهَا خَلْفَ الجُدُرَانِ وَتَحْتَ الأَرْضِيَّاتِ وَفِي الخَزَائِنِ. وَتَعِيشُ الفِرَّانُ والجِرَفَانُ فِي مِصَارِفِ المِياهِ والمِجارِيرِ.

## التعلُّب الأخرم

التعلُّبُ الأَحْمَرُ الذَّكِيُّ (فَلَيْسَ فِلَيْس) تَكَبَّدَ جَيِّدًا لِيَعْتَمِدَ فِي المَدُنِ. فَهُوَ شَرُّ القُورِ بِأَكْلِهِ كُلَّ شَيْءٍ لَقَرِيْبًا وَكَثِيرًا مَا يَغْرُبُ صِدايِقُ التُّفَايِثِ بَحْثًا عَنْ قُضائِلِ طَعَامِ البَشَرِ.

## الأوبوسومات

تَخْتَلِفُ أنواعُ الحَيَواناتِ التي تَعِيشُ فِي المَدُنِ بِاخْتِلَافِ المَواقِعِ الجِغرافيَّةِ والظُرُوفِ المُناخِيَّةِ.

فَالأوبوسُومُ الفِرْجُونِيُّ (تريكوسوس) فُلَيْكِيُولَا) قَدْ تَكَبَّدَ جَيِّدًا لِيَعِيشَ فِي المَدُنِ فِي أَسْتْرَالِيَا. فَهُوَ فِي الحَيَاةِ البرِّيَّةِ بِأَوْيِ عَادَةٍ إِلَى الجُحُورِ والكهوفِ وَتِجَاوِيفِ الشَّجَرِ، لَكِنَّهُ فِي المَدُنِ تَعَلَّمَ أَنْ يَتَخَذَ لَهُ وَكُنًا فِي سَقُوفِ المِبانِي. وَتَعِيشُ جَالِيَّاتٌ مِنَ الأوبوسُوماتِ فِي الجُدَانِ العَامَّةِ، وَهِيَ تَذُجُّ أحيانًا بِحَيْثُ تَعْدُو الرِّيفَةَ تَتَنَاوَلُ الطَّعَامَ مِنْ أَيْدِي النَّاسِ.



المُفَاشُّ الشَّامِخُ (بَيْسْتَرَلْس) بَيْسْتَرَلْس) رَوَايَا عُلْيَا السَّقْفِ.



تُعْشُّ الخَطَّاطِيَّةُ (بَيْسْتَرَلْس) تَحْتَ السَّقْفِ المُقَوِّفِ.



الثَّلَاثُ (بَيْسْتَرَلْس) يَتَسَلَّلُ الجُدُرَانِ مُتَعَلِّقًا بِالجِجَارَةِ أَوْ العُلوْبِ.



العَنَّاكَةُ تَنْشُجُ شَبَاكُهَا الشَّعْبِيَّةَ لِاقْتِنَاصِ غَرَابِيبِهَا مِنَ الحَشَرَاتِ.



قَدْ يُؤَوِّدُ قِشْرُ مِنَ الحَدِيدَةِ مَلَاذًا طَبِيعِيًّا لِلحَيَاةِ البرِّيَّةِ - تَلْقُو فِيهِ أَعْشَابٌ طَوِيلَةً وَحَشَائِشَ، وَتَرَافِكُ فِيهِ قُورُومَاتُ المَدُنِ وَالحُذُورُ المُتَعَلِّقَةُ بِمَا يُؤَوِّدُ لِلْكَائِنَاتِ البرِّيَّةِ الغِذَاءَ وَالْمَأْوَى.



تَتَخَذُ النَّمْلُ كُؤُورَةً فِي تِجْوِيفِ جِدَارِيٍّ أَوْ فِي أَصْبَحِ زَهَابٍ قَدِيمٍ.



تَحْتَمِلُ العِلَاجِيَّةُ الشَّامِعَةُ (بُوفُو بُوَفُو) تَحْتَ الجِجَارَةِ نَهَارًا، وَتَخْرُجُ لَيْلًا لِتَصِيدَ الدِّيدَانِ وَالفُوقِ وَخَمِيرِ القُفَّانِ.

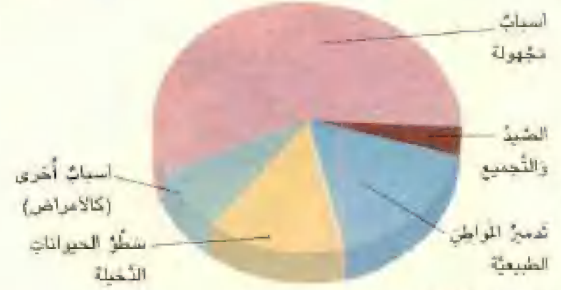
### لمزيد من المعلومات انظر

- الشَّامِخُ ص ٢٤٤
- التَّيْمَرُ وَكَوْكَبُهُمْ ص ٣٧٤
- القُضائِلُ وَإِعَادَةُ تَلْوِيْرِهَا ص ٣٧٦
- العُشْرَةُ وَالتَّعَايُشُ ص ٣٧٩
- خَفَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤٢٤



# الحياة البرية في خطر

مئات الملايين من أنواع النباتات والحيوانات التي ظهرت منذ بدء الحياة على الأرض قد انقرضت؛ والبعض منها قد اندثر نتيجة لعمليات التطور والعوامل الطبيعية. لكن الإنسان، في الـ ٣٠٠ سنة الأخيرة، سرّع عملية الانقراض أكثر من ١٠٠٠ مرة بتدمير المواطن الطبيعية وتلويث البيئة وصيد مختلف الأنواع وتجميعها. ومن العسير احتساب سرعة انقراض الأنواع هذه بدقة حالياً، لكن بعض الخبراء يُقدّرونها بحوالي ١٠٠ نوع يومياً - أي نوعاً كل ربع ساعة. ويُقدّرون أن ما يقارب المليون نوع مُهدّد بالانقراض خلال الـ ٢٠ سنة القادمة ما لم تتخذ الآن إجراءات حاسمة لتفادي ذلك.



## أسباب الانقراض

الأسباب الحقيقية لانقراض الكثير من أنواع الحيوان لا تزال مجهولة، لكن المخطط البياني الدائري أعلاه، يُبين أن تدمير المواطن الطبيعية والحيوانات المتجولة الدخيلة هما سببان رئيسيان لذلك. كذلك فإن الصيد وتجميع الهواة مسؤولان أيضاً عن اختفاء العديد من الحيوانات.

المناطق الرطبة البكر (التي لم تعمل فيها يد الإنسان)، كالشجيرات والسبخات، هي مواطن طبيعية غنية للحياة البرية، بخاضة للخضرات والأسماك والطيور.



أسباب تدمير المناطق الرطبة تشمل: التحفيف والظفر (لانتشاء المزارع والمدن والموانئ والصناعات)، والتلوث وتدمير المُد والوقود والمعادن، وقطع الأشجار للخشب.

أبو منجل القرمزي (يودوسيسس روبر)



يودوسيسس روبر ٣٤ نوعاً  
ماليزيا ٩ أنواع  
ترينيداد وتوباغو ٨ أنواع  
الولايات المتحدة الأمريكية ٥ أنواع  
فنزويلا ٣ أنواع  
بيثيل نوعان

## طيور في خطر

شنتقعات القوام (المشقوقية) هي ضرب من المناطق الرطبة على الشواطئ المتدائرة. والطيور بخاضة، هي الأكثر تعرضاً للخطر جراء تدمير تلك الشنتقعات، ويُنسب المخطط أعلاه العدة المُقدّر لأنواع الطيور المُهدّدة بالانقراض في الشنتقعات المشقوقية حول العالم اليوم.

## نباتات في خطر

يُقدّر الخبراء أن قرابة ربع الأنواع النباتية في العالم مُهدّدة بالانقراض نتيجة لتدمير مواطنها الطبيعية أو تسويقها. نبات الشبب القضي (أرجيروالقرم كاوس) هذا في هاواي، مُهدّد بالانقراض لإدخال الماعز التي تاكله ولا تقابل قواة تجميع النباتات على أمتانه.



## تدمير المناطق الرطبة

المناطق الرطبة هي إحدى الأنظمة البيئية الأكثر تعرضاً للتهديد في العالم؛ وقد تم تدمير أكثر من نصفها بالفعل. لقد زان بعضها بأسباب طبيعية كارتفاع مستوى سطح البحر أو الجفاف أو العواصف الهوجاء؛ لكن الكثير منها دُمّر بفعل الإنسان. إن تجفيف هذه المناطق يجعل التخكّم بالخضرات والقبضانات مُمكنًا - فتصبح أكثر أماناً لِعيش الناس في الجوار. لكن ذلك يترك الحياة البرية دونما مكانٍ تلجأ إليه.

## البُندا النادر

يعيش البُندا الضخم (أيلورودا ميلانوليكا) في غابات الخيزران في الجنوب الغربي من الصين. لكن معظم حراج الخيزران قد اجتث وحلّ محلّها القري وشجول الأرز. ويُعتقَد أن عدة البُندات الضخمة الباقية هو بين ٣٠٠ و ٤٠٠ فقط - تعيش في غابات صغيرة من الخيزران تفصل بينها أراضي زراعية.





## البيئات



شعاعيل قصب السكر  
الأسترالية تليقها أفاك  
كخنافس القصب.



الفئران بطبيعتها آفة للمزارعين،  
لكنها لم تكن الفرائس المفضلة  
عندما جلبت غلاجيم القصب إلى  
كوينزلاند.



الضفادع المحلية  
(الأصلية) ليست آفة  
لمزارعي قصب السكر.



خنافس القصب  
تأكل غلاجيم القصب ياكل  
خنافس القصب  
وخشرات أخرى.

غلاجيم القصب ياكل الفئران  
والقوارض الصغيرة الأخرى.

غلاجيم القصب ياكل  
الورع وغظايا أخرى.



الغظايا والورع خليفة  
لمزارعين ضد الخشرات.



أدخل غلاجيم القصب  
(يوسف ماريوس) إلى  
الشبكة الغذائية.

### استجلاب الأنواع

في العام ١٩٣٥، أدخل نوع من الغلاجيم  
الأمريكية إلى منطقة كوينزلاند في أستراليا -  
كعدو طبيعي للخنافس المدمرة لقصب السكر.  
لكن الغلاجيم لم تكتف بقصر الخنافس بل  
راحت تأكل كائنات عديدة أخرى. ولانعدام  
المنقسات الطبيعية للغلاجيم، فقد تكاثرت  
بأعداد ضخمة عدت تدمر الحياة البرية  
الأسترالية الأصلية.



لا يوجد عدد كافي من  
مفترسات غلاجيم القصب  
لنحو من تكاثرها - فلا  
تقتضي إلا الجياح من  
المير أو الخناث  
أحيانا.

### جورج شالر

البحوث التي أجراها  
عالم الحيوان الأمريكي  
الدكتور جورج شالر  
(١٩٣٣ -)، ساعدت  
العلماء في استنباط أساليب  
لحماية البيئة. فقد درس شالر  
سلوك كثير من الحيوانات في موائلها  
البرية - كالنمات في الصين، والغوريلا  
والأسود في إفريقيا، والأورانغوتان في سارواك،  
والبيور والتمور في الهند. ومن كتبه العديدة:  
«الليل والليل»، و«عام الغوريلا».



### حدائق الحيوانات

جذب الناس منذ القدم على اصطفايد الحيوانات البرية وعرضها في  
حدائق ومتنزهات. الكثير من هذه الحيوانات كان نادرا وقد عدا  
بشاقس الحدائق على إقنائه مهذبا بالانقراض. وتقوم معظم  
حدائق الحيوان اليوم باستيلاء حيواناتها كما تقوم بعضها  
باستيلاء حيوانات برية نادرة - كالفهد العربية والشاسي الذهبي  
والذئب الأحمر - ثم إعادتها لتشرح في موائلها البرية.

### لمزيد من المعلومات انظر

- دورات في الغلاف الحيوي ص ٣٧٢
- البشر وتوكلهم ص ٣٧٤
- الفضلات وإعادة تدويرها ص ٣٧٦
- السلال والنباتات الغذائية ص ٣٧٧
- المناطق الزرقية ص ٣٨٩
- الحفاظ على البيئة الطبيعية ص ٤٠٠
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٤



### تجارة الجلود

الكثير من الحيوانات البرية لا تزال تُصطاد، وغالبا بصورة غير قانونية،  
غلبا لبرائها أو قرونها أو ألبانها. فبعض الناس يؤمنون لارتداء معاطف  
من جلود السنوريات الكبيرة، كالفهود والتمور. ويشتري الشكل الياباني  
أعلا، شجنت الصادرات العالمية من الجلود. وقد تناقصت هذه  
الكميات كثيرا في الثمانينات، لكن كثيرا من هذه السنوريات لا تزال  
تواجه خطر الانقراض.

### الثقمة الرائبة

الثقمة الرائبة (من نوع موناكس) هي بعض  
أندر الثقمة في العالم. فالمشتري منها يقل عن  
٥٠٠ في البحر الأبيض المتوسط ١٥٠٠ في  
هاواي؛ وقد انقرض ما كان يعيش منها في  
البحر الكاريبي. إن تلوث البحر، والضيق،  
والمراكب السريعة، والطائرات قد أخلت راحة  
الثقمة وأخلت بنظام تولدها.





# الحفاظ على البيئة الطبيعية

فَرَّاشُ الخُلُج البرتغالية الزُفْطَاء (مَلِكِيَتَا اِثْنَانِيَا)  
- دُرُسُكُ اِخْتِيَاجَاتِهَا الْخَاصَّةُ  
وَأَعِيدَتْ إِلَى الْحَيَاةِ الْبَرِّيَّةِ.



حَصَانٌ بَرِّيٌّ وَلَسْكِي (اِنْخُوس فِينِزَس) -  
اسْتُولِذَ فِي الْاَشْرَ وَأَعِيدَ إِلَى الْحَيَاةِ الْبَرِّيَّةِ.



قَضَاعَةُ الْبَخْرِ الْجَنُوبِي (اِنْهِيَارِيَس)  
لُونَرَا - مَحْظُورٌ صَيْدُهُ وَخَصَانٌ  
فِي شَحْمِيَّاتِ الْحَيَاةِ الْبَرِّيَّةِ.



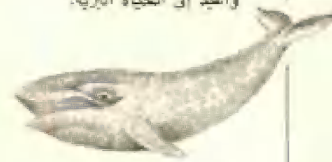
إِورَةُ هَاوَاي (بِرَانْتَا)  
سَانْدَقِيَّيْسِيَسْ (اِسْتُولِذَتْ)  
فِي الْاَشْرَ، ثُمَّ أُعِيدَتْ لِلْحَيَاةِ  
الْبَرِّيَّةِ.



الْخُوَالَا  
(هَامَسْكُولَاوَكْسُ)  
شِيَرِيُوس (مَحْظُورٌ  
صَيْدُهُ وَخَصَانٌ فِي شَحْمِيَّاتِ  
الْحَيَاةِ الْبَرِّيَّةِ).



الدَّبَبُ الْأَحْمَرُ (كَانِيَس رُونُوس)  
- اسْتُولِذَ فِي حِدَائِقِ الْحَيَاوَانِ  
وَأُعِيدَ إِلَى الْحَيَاةِ الْبَرِّيَّةِ.



الْحَوَثُ الرَّمَادِيُّ (اِسْتَرِيَتِيُوس)  
رُونِشَنُوس - صَيْدُهُ مَحْظُورٌ.



الْبَيْزُونُ الْأُورُوبِيُّ (بِيَزُون)  
يُونَانِيَس (شَحْمِيٌّ فِي الْمَحْمِيَّاتِ  
الطَبِيعِيَّةِ بِيُولَنْدَا).



## مَحْمِيَّاتِ الْحَيَاةِ الْبَرِّيَّةِ

كَانَتْ حَقِيقَةً يَلُوحِظُونَ الْقَوْمَةُ فِي الْوِلَايَاتِ الْمُتَّحِدَةِ أَوَّلَ  
حَدِيقَةٍ قَوْمِيَّةٍ فِي الْعَالَمِ، وَتَمَّا ذَلِكَ الْيَوْمَ، فِي مَحْتَلَبِ  
أَنْحَاءِ الْعَالَمِ، مَنَاطِقٌ رَيفِيَّةٌ أَفْرَدَتْ كَمَحْمِيَّاتٍ لِلْحَيَاةِ  
الْبَرِّيَّةِ، فَالْبَهَائِثُ وَالْحَيَوَانَاتُ فِي هَذِهِ الْمَنَاطِقِ مَحْمِيَّةٌ  
قَدَّرَ الْإِمْكَانُ مِنَ الْقَنَاصَةِ الْآدَمِيَّةِ وَمَوَادِّ التَّجَمُّعِ، كَمَا  
يُحَقِّقُ عَلَى الْمُسْتَعْمِرِينَ وَشُرَكَائِ التَّطْوِيرِ تَشْبِيدَ الْمَالِي  
فِيهَا. إِنَّ بَعْضَ هَذِهِ الْمَحْمِيَّاتِ شَاسِعٌ يَشْتَمِلُ أَلَاغَ  
الْكِيلُومَتَرَاتِ الثَّرِيعَةِ، وَبَعْضُهَا الْآخَرُ لَا يَتَجَاوَزُ حَرَجَةً  
صَغِيرَةً أَوْ تَقْلَعَةً أَرْضِيٍّ لَمْ تَنْظُرْهَا بَعْدُ بَدَ التَّطَوُّرِ الْخَضِرِيِّ.

الدَّبَبُ الْقَطْبِيُّ (اِتَالَاوَكْسُ مَارِيتِيُوس)  
- حَقْلُهُ الْبَيْئِيُّ شَحْمِيٌّ وَصَيْدُهُ مَحْظُورٌ.



إِيلُ الْأَبِ دَاوُودَ (الْأَفُورُوس)  
دَاغِيدِيُوس (سُن) - أُعِيدَ مِنْ  
شَحْمِيَّاتٍ فِي الْغَرْبِ إِلَى الْحَيَاةِ  
الْبَرِّيَّةِ فِي الصَّيْنِ.



الْمَهَادُ الْعَرَبِيَّةُ  
(أُورِيَكْسُ لِيُوكُورِيَكْس)  
اسْتُولِذَتْ فِي حِدَائِقِ  
الْحَيَوَانِ وَأُعِيدَتْ إِلَى  
الْحَيَاةِ الْبَرِّيَّةِ.



## إِجْتِمَاعُ الْقِمَّةِ لِشُؤْنِ الْبَيْئَةِ

فِي الْعَامِ ١٩٩٢، انْعَقَدَ فِي رِيُو دِي جَانِيرُو،  
بِالْبَرَاذِيلِ، مُؤَامَرَةٌ حَوْلَ الْبَيْئَةِ، تَنَشَّطَتْ فِيهَا حُكُومَاتُ  
مُعْظَمِ دَوْلِ الْعَالَمِ، وَتَدَارَسَ الْقَدِيدُونَ وَسَائِلُ الْإِقَازِ  
تَوَكُّبًا. وَقَدْ لَبَّيْتُ فِي رِيُو دِي جَانِيرُو مَشْجُورَةَ حَيَاةٍ  
أَلْصَقْتُ عَلَيْهَا أَوْرَاقَ كُتُبٍ عَلَيْهَا مَا وَعَدَ النَّاسُ بِفَعْلِهِ،  
وَمَا يَحْتَدُونَ أَنْ عَلَى الْحُكُومَاتِ الْقِيَامَ بِهِ.

## كَيْفَ يُمْكِنُكَ الْمُسَاعَدَةُ

كُلُّ فَرْدٍ مَنَّا يَسْتَطِيعُ الْإِسْهَامَ فِي الْحِفَافِ  
عَلَى الْبَيْئَةِ وَالْحَيَاةِ الْبَرِّيَّةِ. فَانْتَ مَثَلًا  
تَسْتَطِيعُ جَمْعُ الْوَرَقِ وَالْعَلْبِ وَالْقَنَانِي  
الْقَارِغَةِ لِإِعَادَةِ تَدْوِيرِهَا. فَذَلِكَ يُسَاعِدُ فِي  
خَفْضِ غَدِيدِ الْأَشْجَارِ الْمُتَقَطِّعَةِ، وَالْحَدِّ  
مِنْ حَفَرَاتِ التَّعْدِينَ تَحْتَ الْمَوَاطِنِ  
الطَبِيعِيَّةِ النَّادِرَةِ. كَذَلِكَ، يُمْكِنُكَ التَّوَقُّفُ  
عَنْ شِرَاءِ الْأَشْيَاءِ الْمَصْنُوعَةِ مِنْ حَيَوَانَاتٍ  
أَوْ نَبَاتَاتٍ نَادِرَةٍ، وَاجْتِنَابِ الْعُذُوتِ وَمَوَادِّ  
التَّغْلِيْفِ الَّتِي لَا يُمْكِنُكَ إِعَادَةُ تَدْوِيرِهَا.



زَعْرُ إِعَادَةِ  
التَّدْوِيرِ

الْبَيَرُ (بَانْتِرَا تِيَجَرِيَس)  
- مَحْظُورٌ صَيْدُهُ  
وَمَحْمِيٌّ فِي  
شَحْمِيَّاتِ



## لِمَزِيدٍ مِنَ الْعُلُومَاتِ انْظُرْ

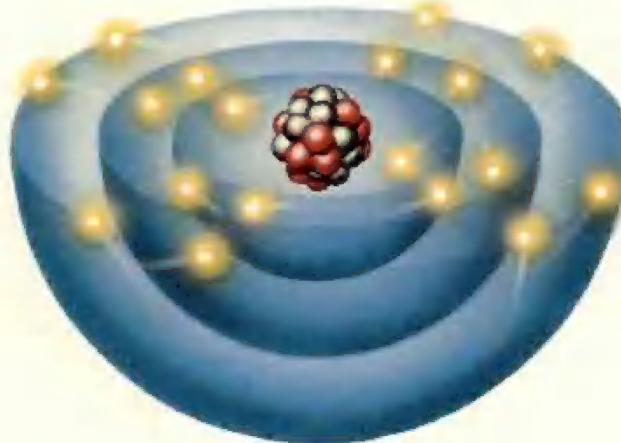
- الْعِلَافُ الْخَبُونِي ص ٣٧٠
- قَوَارِثُ فِي الْعِلَافِ الْخَبُونِي ص ٣٧٢
- الْبَشَرُ وَكُوْنُهُمْ ص ٣٧٤
- الْفَضَائِلُ وَإِعَادَةُ تَدْوِيرِهَا ص ٣٧٦
- الْحَيَاةُ الْبَرِّيَّةُ فِي خَطَرٍ ص ٣٩٨
- حَقَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤٢٤



# حَقَائِقُ وَمَعْلُومَات

يُحَوِي هَذَا الْقِسْمُ مُخَطَّطَاتٍ وَخَرَائِظَ وَجَدَاوِلَ حَافِلَةً بِالْمَعْلُومَاتِ وَالْإِحْصَائِيَّاتِ الْعِلْمِيَّةِ الْمُهِمَّةِ. وَمَرَادُ هَذَا الْقِسْمِ مُرْتَبَةُ الْقَبَائِلِ فِي هَذَا الْفَهْرِيسِ الْمَوْجَزِ لِتَسْهِيلِ الرَّجُوعِ إِلَيْهَا - عَلَمًا أَنَّ الْفَهْرِيسَ الْعَامَ ص ٤٣٤ جَامِعٌ شَامِلٌ لِمُخْتَلِفِ مَوَادِّ الْحَوْسُوعَةِ.

الصفحة	الموضوع	الصفحة	الموضوع
٤٠٨	- القُوَّة و ~ (تَعَادُلَاتُ الْعِلَاقَةِ بَيْنَهَا)	٤٠٥	أَجْزَاءُ نَخْشَرَةٍ (أَوْ مَخْزِيَةٍ)
٤٠٩	- السَّوَارِدُ الْعَاطِقَةُ الْمُتَعَبِّرَةُ	٤١٦	الْأَرْسَامُ الْجَوِّيَّةُ - أَحْوَالُ حَوْبَةِ قُصُورِي
٤١٦	الطَّفْسُ (مَعْلُومَاتُ عَامَّة)	٤١٧	- مَرَاظِقُ رُضْدِ الطَّفْسِ الرَّئِيسَةِ
٤١٢	الطَّفْسُ الْكُفْرَمَقْلِسِي	٤١٧	- مُسَاعَدَاتُ الْمَدِينِ الْعَالَمِيَّةِ الْكُبْرَى
٤٠٣، ٤٠٢	الْعَاقِبَر - الْجَدْوَلُ الدَّوْرِي لِـ ~	٤١٦	- السُّنْقَمَةُ الْعَالَمِيَّةُ لِـ ~
	الْعَالِ - إِخْبَارَاتُ تَعْرِفٍ ~ أَيْ (الْهَلْدُوجِي)	٤١٤	الْأَرْضُ - تَرْجِيحُ ~
٤٠٤	الْأَكْسِجِينُ وَثَانِي أَكْسِيدُ الْكَرْبُونِ	٤١٤	- حَقَائِقُ جِيُولُوجِيَّة
٤٠٤	- تَحْمِيقُ ~	٤٢٣	الْإِسْقَاب - مُعْذَلَاتُ ~
٤٠٤	- قَوَائِلُ ~ أَيْ		الْأَلْكَاحَاتُ وَالْأَلْكِيَّاتُ (الْهَيْدُرُوكَرْبُونَاتُ الدُّهْنِيَّةُ
٤١٨	الْقَضَاءُ - مَعْلُومَاتُ فَلَكَئِيَّة	٤٠٦	الْمُشْنَعَةُ وَغَيْرُ الْمُشْنَعَةِ
٤٢٣	الْقِيَامِيَّاتُ	٤٢٥	إِقْرَاضُ الْأَنْوَعِ - مُعْذَلَاتُ وَالْأَنْوَعِ الْمُهْدَدَةُ بِه
٤٠٨	القُوَّةُ وَالطَّاقَةُ	٤١٣	الْإِنْكِسَارُ - مُعَامِلُ ~
	الْقِيَاسُ - وَحْدَاتُ ~ (فِي الطَّاقَاتِ الْهَيْرِي	٤٠٦	الْإِبْسِنُ - اسْتِخْدَامَاتُ ~
٤٠٩	وَالْإِمْبَرَاتُورِي وَتَحْوِيلَاتُهَا	٤٢٣	الْإِنْفُسُ (أَنْظَرُ: الْإِسْقَاب)
٤٢٠	الْكَاذَاتُ الْخَفِيَّةُ - تَصْنِيفُهَا	٤٠٨	بَلْعُسُونَا - حَقْلُ ~
٤٢٣	- دَرَجَةُ حَرَارَةِ أَجْسَادِهَا	٤٢٥، ٤٢٤	الْبَيْثَاتُ
٤٢٢	- نَدَى الْأَعْدَامِ وَقَرَارَاتُ الْحَسَنِ	٤١٣	الْبَرْقَةُ - عُنْدِي ~ (لِلْأَلْبِ مَوْسِقِيَّة)
٤٠٦	تَرْبُوبَاتُ الْمَصْرُورِي	٤١١	الْبَرْمِيزُ الشَّامِي - عِلَاقَةُ ~
	الْكُفْرَاءُ وَالْبَلْعُطِيَّةُ - وَحْدَاتُهَا الدَّوْلِيَّةُ وَرَمُوزُهَا	٤١٢	الْبَرْيَاضُ الْفُوتُوغْرَافِي
٤١٠	وَمُعْذَلَاتُهَا	٤٠٥	الْبَرْقَانِيَّةُ - مَبْلِيَّةُ ~
٤١١	- الرَّمُوزُ الْكُفْرِيَّةُ وَالْإِنْكِرَافِيَّةُ	٤٢٤	الْبُلُوتُ
٤١٠	- السَّافَرَاتُ الْكُفْرِيَّةُ	٤١٤	جَدْوَلُ الْأَرْمَنِ الْجِيُولُوجِيَّة
٤١٨	الْكُفْرَاتُ السَّيَّارَةُ	٤٠٣، ٤٠٢	الْجَدْوَلُ الدَّوْرِيُّ لِلْعَاقِبَر
٤١٩	الْكُفْرَاتُ (الصُّورُ الْفَلَكَئِيَّة)	٤٢١	الْحَيَوَانَاتُ (الْإِلَاقَارِيَّةُ وَالْقَفَارِيَّة)
٤٠٤	الْمَوَاجِدُ - السُّوَابِقُ وَ~ (الْكِيْمِيَّاتِيَّة)	٤٢٥	- جَعْرَةُ ~
٤٠٣	الْمَعَادِي - اَصْصِحْلَانُ ~ (بِالْإِنْشَاع)	٤١٤	خُطُوطُ الطُّولِ وَالْعَرْضِ
	- الْمَوَادُّ الْأَوَّلِيَّةُ: تَوَلُّفُهَا فِي الْعَالَمِ،	٤٠٨	دَرَجَةُ الْحَرَارَةِ - مَقَاسِي ~ (الْثَرْمُومِتْرَات)
٤٠٧	اسْتِخْدَامَاتُهَا وَمُتَبَعُوهَا الرَّئِيسِيَّتُون	٤١٨	الرُّجْمُ (الْكُتْلُ الْبَرْقَانِيَّة) الْكُبْرَى
٤١٠	السَّافَرَاتُ الْكُفْرِيَّةُ	٤١٧	رُمُوزُ حَرَائِطِ الطَّفْسِ وَفِرَاقَاتُهَا
٤٠٨	مَقَاسِي - دَرَجَاتُ الْحَرَارَةِ	٤٠٤	السُّوَابِقُ وَالْمَوَاجِدُ (الْكِيْمِيَّاتِيَّة)
٤١٥	- ~ مُوَغَزٌ لِلْعِلَاقَةِ	٤١٨	السُّنْقَسُ
٤١١	مُوزَسُ - شَفْرَةُ ~	٤١٥	السُّخُورُ - ~ الشَّامَةِ
٤٢٠	الْمَبَانِاتُ (الْمَرْجَرَةُ وَالْمَرْجَرِيَّة)	٤١٥	- قَوْرَةُ ~
٤١٨	الْمَحْمُومُ الْأَشَدُّ مُصَوِّغًا	٤١٥	الْمُضَادَّةُ - مَقَاسِي مُوَغَزٌ لِـ ~
٤٢٤	الْمَشُوُّ الشَّامِي الْعَالَمِي	٤١٢	الْمُضَرَّةُ وَالْمُضَرَّةُ (الْمَحْرُوكَةُ مَوْجِيَّة)
٤٢٥	جَعْرَةُ الْحَيَوَانَاتِ - نَسَائِكُهَا وَمَدَاها	٤١٢	- السَّعَادَةُ الْمَوْجِيَّةُ (لِـ ~ وَ ~)
		٤٠٨	الطَّاقَةُ - الِاسْتِخْلَاقُ الطَّاقِي الْيَوْمِي بِالْمَرْو





## المادة

### الجدول الدوري للعناصر

العناصر المشعة. وحيث نغيب المعطيات للعنصر، فهو قصير العمر جدًا والكميات التي حُضِرَتْ منه ضئيلة جدًا يتعدَّدُ تحديدُ خواصه. أنظر ص ٢٢، ٢٤، ٣١، ٣٢.

لقد رُتِبَت العناصرُ الكيماوية في هذا الجدول ترتيبًا تصاعديًا تبعًا لأعدادها الذرية. كما هي الحال في الجدول الدوري التقليدي. والكتلة الذرية النسبية المُعْتَمَدة للعنصر هي للنظير الأكثر شيوعًا، أو النظير الأكثر استقرارًا في حال

الوصف الطبيعي	تاريخ الاكتشاف	التكافؤ	نقطة الغليان °س	نقطة الانصهار °س	الكتلة الذرية النسبية	الرمز	العنصر	العدد الذري
غاز عديم اللون	١٧٦٦	١	٢٥٢-	٢٥٩-	١	هـ	الهيدروجين	١
غاز عديم اللون	١٨٦٨/٩٥	-	٢٦٩-	٢٧٢-	٤	هـ	اليليوم	٢
فلز أبيض فضي	١٨١٧	١	١٣١٧	١٧٩	٧	لث	الليثيوم	٣
فلز رمادي	١٧٩٨	٢	٢٤٨٧	١٢٨٣	٩	بي	البريليوم	٤
مشموق بلّقي ناعم	١٨٠٨	٣	٢٥٥٠	٢٢٠٠	١١	بـ	البورون	٥
		٤,٢			١٢	كـ	الكربون	٦
جامد أسود	قديم	-	٣٩٠-	٣٥٠٠			~ الغرافيت	
جامد عديم اللون	قديم	-	٤٨٢٧	٣٥٠٠			~ ألماس	
غاز عديم اللون	١٨٨٥	٥,٢	١٩٦-	٢١٠-	١٤	ن	النيتروجين	٧
غاز عديم اللون	١٧٧٢	٢	١٨٢-	٢١٩-	١٦	أ	الأكسجين	٨
غاز أصفر مخضر باهت	١٨٨٦	١	١٨٨-	٢٢٠-	١٩	فل	الفلور	٩
غاز عديم اللون	١٨٩٨	-	٢٤٦-	٢٤٩-	٢٠	نن	النيون	١٠
فلز أبيض فضي	١٨٠٧	١	٨٩٠	٩٨	٢٣	ص	الصوديوم	١١
فلز أبيض فضي	١٨٠٨	٢	١١٠٥	٦٥٠	٢٤	مغ	المغنسيوم	١٢
فلز فضي	١٨٢٥	٣	٢٤٦٧	٦٦٠	٢٧	لم	الألمنيوم	١٣
جامد رمادي ناعم	١٨٢٤	٤	٢٣٥٥	١١٢٠	٢٨	س	السيليكون	١٤
	١٦٦٩	٥,٢			٣١	قر	الفسفور	١٥
جامد شامع	قديم	٦,٤,٢	٢٨٠	٤٤	٣٢	كـ	~ الأبيض الكبريت	١٦
جامد أصفر	١٧٧٤	٧,٥,٣,١	٤٤٥	١١٩	٣٥	كل	~ الكلور	١٧
غاز أخضر شفاف	١٨٩٤	-	١٨٦-	١٠١-	٤٠	خو	الأرجون	١٨
فلز عديم اللون	١٨٠٧	١	٧٥٤	٦٤	٣٩	يو	اليوتاسيوم	١٩
فلز أبيض فضي	١٨٠٨	٢	١٤٨٧	٨٤٨	٤٠	كا	الكالسيوم	٢٠
فلز أبيض فضي	١٨٧٩	٣	٢٨٣١	١٥٤٩	٤٥	سك	السكرانديوم	٢١
فلز فضي	١٧٩٥	٤,٢	٣٣٧٧	١٦٧٧	٤٨	ت	التيتانيوم	٢٢
فلز رمادي فضي	١٨٠١	٥,٤,٣,٢	٢٣٧٧	١٩١٧	٥١	فن	الفاناديوم	٢٣
فلز فضي	١٧٩٧	٦,٣,٢	٢٦٤٢	١٩٠٣	٥٢	كر	الكروم	٢٤
فلز أبيض شامع	١٧٧٤	٧,٦,٤,٣,٢	٢٠٤١	١٢٤٤	٥٥	من	المنغنيز	٢٥
فلز أبيض فضي	قديم	٣,٢	٢٨٨٧	١٥٣٩	٥٦	ح	الحديد	٢٦
فلز أبيض شامع	١٧٣٥	٣,٢	٢٨٧٧	١٤٩٥	٥٩	كو	الكوبلت	٢٧
فلز أبيض فضي	١٧٥١	٣,٢	٢٨٢٧	١٤٥٥	٥٨	ني	النيكل	٢٨
فلز قزويني	قديم	٢,١	٢٥٨٢	١٠٨٣	٦٣	نح	النحاس	٢٩
فلز أبيض مرزقي	١٧٤٦	٢	٩٠٧	٤٣٠	٦٤	ع	الزئبق	٣٠
فلز رمادي	١٨٧٥	٣,٢	٢٤٠٢	٣٠	٦٩	جا	الجالنيوم	٣١
فلز أبيض رمادي	١٨٨٦	٤	٢٣٥٥	٩٣٧	٧٤	جر	الجرمانيوم	٣٢
جامد رمادي فولادي	١٢٥٠	٥,٢	٦١٢	٨١٧	٧٥	ر	الروثينيوم	٣٣
جامد رمادي	١٨١٧	٦,٤,٢	٦٨٥	٢١٧	٨٠	سل	السليكون	٣٤
سائل بلّقي محمّل	١٨٢٦	٧,٥,٣,١	٥٩	٧-	٧٩	ير	اليورانيوم	٣٥
غاز عديم اللون	١٨٩٨	-	١٥٢-	١٥٧-	٨٤	كن	الكربتون	٣٦
فلز أبيض فضي	١٨٦١	٩	٦٨٨	٣٩٩	٨٥	بيد	الروبيديوم	٣٧
فلز أبيض فضي	١٨٠٨	٢	١٣٨٤	٧٦٩	٨٨	سم	السترنتيوم	٣٨
فلز أبيض فضي	١٧٩٤	٣	٢٣٢٨	١٥٢٣	٨٩	يت	الإيتريوم	٣٩
فلز رمادي فولادي	١٧٨٩	٤	٤٣٧٧	١٨٥٢	٩٠	كر	الزركونيوم	٤٠
فلز رمادي	١٨٠١	٥,٢	٤٧٤٢	٢٤٦٧	٩٢	نـ	النيوبيوم	٤١
فلز فضي	١٧٧٨	٦,٥,٤,٣,٢	٥٥٦٠	٢٦١٠	٩٨	مو	الموليبدينوم	٤٢
فلز رمادي فضي	١٩٢٧	٧,٦,٤,٣,٢	٤٨٧٧	٢١٧٢	٩٧	تلك	التكنيشيوم	٤٣
فلز أبيض مرزقي	١٨٤٤	٨,٦,٤,٣	٣٩٠٠	٢٣١٠	١٠٢	نن	الروثينيوم	٤٤
فلز أزرق فولادي	١٨٠٣	٤,٢	٢٣٢٧	١٩٦٦	١٠٣	يم	اليوروبيوم	٤٥
فلز أبيض فضي	١٨٠٣	٤,٢	٢١٧٠	١٥٥٤	١٠٦	لد	الباراديوم	٤٦
فلز أبيض لامع	قديم	١	٢٢١٢	٩٦٢	١٠٧	فـ	الفضة	٤٧
فلز أبيض مرزقي	١٨١٧	٢	٧٦٧	٣٢١	١١٤	كـ	الكاديوم	٤٨
فلز فضي مرزقي	١٨٦٣	٢,١	٢٠٠٠	١٥٦	١١٥	تـ	الإنديوم	٤٩
فلز أبيض فضي	قديم	٤,٢	٢٢٧٠	٢٢٢	١٢٠	قـ	القصدير	٥٠
فلز فضي	قديم	٥,٢	١٣٨٠	٦٣١	١٢١	تـ	الالتيمون	٥١
جامد رمادي فضي	١٧٨٢	٦,٤,٢	٩٦٠	٤٥٠	١٣٠	تل	التلوريوم	٥٢
جامد أسود أرجواني	١٨٩١	٧,٥,٣,١	١٨٤	١٩٤	١٢٧	كـ	اليود	٥٣
غاز عديم اللون	١٨٩٨	-	١٠٧-	١١٢-	١٢٢	نـ	الزينون	٥٤



## حقائق ومعلومات . المادّة

الوصف الطبيعي	تاريخ الاكتشاف	التكاثر	نقطة الغليان س	نقطة الانصهار س	الكثافة النسبية النسبية	الزمن	العنصر	العدد الذري
فلزّ أبيض فضي	١٨٦٠	١	٦٧١	-٦٩	١٣٣	بسر	السترونشيوم	٥٥
فلزّ أبيض فضي	١٨٠٨	٢	١٦٤٠	٧٧٥	١٣٨	با	الباريوم	٥٦
فلزّي	١٨٢٩	٣	٣١٥٧	٩٢١	١٣٩	لب	الليثيوم	٥٧
جافّد زماديّ داكن	١٨٠٣	٤,٣	٣١٢٦	٧٩٩	١٤٠	بي	السترونشيوم	٥٨
فلزّ زماديّ قوّلاني	١٨٨٥	٣	٣٥١٢	٩٣١	١٤١	بيس	البراسيوديوم	٥٩
فلزّ أبيض مسطّر	١٨٨٥	٢	٣٠٦٨	١٠٢١	١٤٢	بسم	النيوبيوم	٦٠
فلزّي	١٩٤٧	٣	٣٧٠٠	١١٦٨	١٤٥	بسم	البرومينيوم	٦١
فلزّ زماديّ فاتح	١٨٧٩	٣,٢	١٧٩١	١٠٧٧	١٥٢	بسم	الساماريوم	٦٢
فلزّ زماديّ قوّلاني	١٨٩٦	٣,٢	١٥٩٧	٨٢٢	١٥٣	بيد	الديربيوم	٦٣
فلزّ أبيض فضي	١٨٨٠	٣	٢٢٩٦	١٣١٣	١٥٨	جند	الجادولينيوم	٦٤
فلزّ فضي	١٨٤٣	٣	٢١٢٢	١٣٥٦	١٥٩	تيد	الترنثيوم	٦٥
فلزّي	١٨٨٦	٣	٣٥٦٢	١٤١٢	١٦٤	سب	الديسبروسيوم	٦٦
فلزّ فضي	١٨٧٨	٣	٢٦٩٥	١٤٧٤	١٦٥	فل	الفلوريوم	٦٧
فلزّ فضي زمادي	١٨٤٣	٣	٢٨٦٣	١٥٢٩	١٦٨	يد	الإربيوم	٦٨
فلزّي	١٨٧٩	٣,٢	١٩٤٧	١٥٥٥	١٦٩	تيم	التوليم	٦٩
فلزّ فضي	١٨٧٨	٣,٢	١١٩٤	-٨١٩	١٧٤	تر	الايتربيوم	٧٠
فلزّي	١٩٠٧	٣	٣٣٩٥	١٦٦٣	١٧٥	لو	اللوثرشيوم	٧١
فلزّ زماديّ قوّلاني	١٩٢٣	٤	٤٦٠٢	٢٢٣٧	١٨٠	هف	الهافيوم	٧٢
فلزّ فضي	١٨٠٣	٥,٣	٥٤٢٧	٢٩٩٦	١٨١	تا	التانتالوم	٧٣
فلزّ زماديّ	١٧٨٣	٦,٥,٤,٣	٥٦٦٠	٣٤١٠	١٨٤	تن	التنجستن	٧٤
فلزّ زماديّ بيّض	١٩٢٤	٧,٤,١	٥٦٢٧	٣٤٨٠	١٨٧	بسم	البرنتيوم	٧٥
فلزّ أزرق زمادي	١٨٠٤	٨,٦,٤,٣,٢	٥٣٩٧	٢٧٠٠	١٩٢	مز	الأزونيوم	٧٦
فلزّ أبيض فضي	١٨٠٤	٤,٣	٤١٢٠	٢٩٦٠	١٩٣	يد	الايتربيوم	٧٧
فلزّ أبيض مزرّق	١٧٣٥	٤,٢	٣٨٢٧	١٧٧٢	١٩٥	ست	البيلاين	٧٨
فلزّ أصفر فاتح	قديم	٣,١	٣٠٨٠	١٠٦٤	١٩٧	ز	الذهب	٧٩
سائل فلزيّ فضي	قديم	٣,١	٣٥٧	٣٩٠	٢٠٢	بق	الزئبق	٨٠
فلزّ زماديّ مزرّق	١٨٦١	٣,١	١٤٥٧	٣٠٣	٢٠٥	تل	التاليم	٨١
فلزّ أزرق قوّلاني	قديم	١,٢	١٧٤٤	٣٢٨	٢٠٨	صا	الزئبق	٨٢
فلزّ فضي شخّص	١٤٥٠	٩,٢	١٥٦٠	٣٧١	٢٠٩	بز	البروموت	٨٣
فلزّي	١٨٩٨	٤,٣,٢	٩٦٢	٢٥٤	٢٠٩	بن	النيوتونيوم	٨٤
فلزيّ	١٩٤٠	٧,٥,٣,١	٣٧٠	٣٠٠	٢١٠	ست	الاستاتين	٨٥
غاز عديم اللون	١٩١٠	-	٦٢٠	٧١٠	٢٢٢	ر	الرايون	٨٦
فلزّي	١٩٢٩	١	٦٧٧	٢٧	٢٢٢	فر	الفراستيوم	٨٧
فلزّ فضي	١٨٩٨	٣	١٧٢٧	٢٧٠	٢٢٦	د	الدايميوم	٨٨
فلزّي	١٨٩٩	٣	٣٢٠٠	١٠٥٠	٢٢٧	كث	الأكتيوم	٨٩
فلزّ زماديّ	١٨٦٨	٤	٤٧٨٧	١٧٥٠	٢٢٢	ث	الثوريوم	٩٠
فلزّ فضي	١٩١٧	٥,٤	٤٠٢٧	١٥٩٧	٢٢١	بكت	البروتكتينيوم	٩١
فلزّ أبيض مزرّق	١٧٨٩	٦,٥,٤,٣	٣٨١٨	١١٣٢	٢٢٨	يد	اليورانيوم	٩٢
فلزّ فضي	١٩٤٠	٦,٥,٤,٣,٢	٤٠٩٠	٦٢٧	٢٢٧	نو	النيوتونيوم	٩٣
فلزّ فضي	١٩٤٠	٦,٥,٤,٣,٢	٣٣٣٠	٦٤١	٢٤٤	بل	البليوتونيوم	٩٤
فلزّ أبيض فضي	١٩٤٤	٦,٥,٤,٣,٢	٢٦٠٧	٩٩٤	٢٤٣	سز	السامريشيوم	٩٥
فلزّ فضي	١٩٤٤	٤,٣,٢	٢١٩٠	١٣٤٠	٢٤٧	كم	الكوريوم	٩٦
فلزّ فضي	١٩٤٩	٤,٣,٢	٣٧٠	١٠٥٠	٢٤٧	يك	اليزميتيوم	٩٧
فلزّ فضي	١٩٥٠	٤,٣,٢	١٤٧٠	٩٠٠	٢٥١	كف	الكاليفورنيوم	٩٨
فلزّ فضي	١٩٥٢	٣,٢	٩٩٦	٨٦٠	٢٥٤	بيد	الديسبرينيوم	٩٩
فلزّي	١٩٥٢	٣,٢	٢٥٧	٢٥٧	٢٥٧	قم	القصميوم	١٠٠
فلزّي	١٩٥٥	٣,٢	٢٥٧	٢٥٨	٢٥٨	مد	المداليونيوم	١٠١
فلزّي	١٩٥٨	٣,٢	٢٥٧	٢٥٥	٢٥٥	نو	النيوبونيوم	١٠٢
فلزّي	١٩٦١	٣	٢٥٧	٢٥٦	٢٥٦	لو	اللوثرشيوم	١٠٣
فلزّي	١٩٦٩	٣	٢٥٧	٢٦٠	٢٦٠	اتك	الأكتيونيوم	١٠٤
فلزّي	١٩٧٠	٣	٢٥٧	٢٦٢	٢٦٢	انب	الأنليونيوم	١٠٥
فلزّي	١٩٧٤	٣	٢٥٧	٢٦٢	٢٦٢	انه	الأنليونيوم	١٠٦
فلزّي	١٩٧٦	٣	٢٥٧	٢٦٢	٢٦٢	اسس	الأنليونيوم	١٠٧
فلزّي	١٩٨٤	٣	٢٥٧	٢٦٥	٢٦٥	انو	الأنليونيوم	١٠٨
فلزّي	١٩٨٢	٣	٢٥٧	٢٦٦	٢٦٦	اتني	الأنليونيوم	١٠٩

### اضمحلال المادّة

تضمحلّ العناصر المشعّة بمعدّلات سرعيّة مختلفة. وتنتجّ العناصر المختلفة أنواعاً مختلفة من الإشعاع عند اضمحلالها تشلّ جسيمات ألفا وجسيمات بيتا وأشعّة جامّا. ويُدعى الزمن اللازم لاضمحلال نصف الكميّة الأصليّة للعنصر عمُر النصف.

اليورانيوم-٢٣٨ ٤.٥٠٠ مليون سنة	البليوتونيوم-٢٣٩ ٢.٤٤٠٠ سنة	الكريون-١٠٠ ٥٧٠٠ سنة	الراديوم-٢٢٦ ١٦٠٠ سنة	السترونشيوم-٩٠ ٢٨ سنة	الهيدروجين-٣ ١٢.٣ سنة
الكوبلت-٦٠ ٥.٣ سنة	الفسفور-٣٢ ١٤.٣ يوم	اليود-١٣١ ٨.١ يوم	الرادون-٢٢٢ ٤ أيام	الزئبق-٢٠٠ ٢٧ دقيقة	الأنليونيوم-١٠٠ ٣٢ ثانية



## التفاعلات

### قانون جريام (جراهام) في انتشار الغازات

سرعة انتشار الغاز تتناسب عكسياً مع كثافته بثبوت الضغط ودرجة الحرارة. أي إن الغاز الأقل كثافة أقل سرعة انتشار. وهكذا فإن الغازات الخفيفة الجزيئات تنتشر بسرعة أكبر من الغازات الثقيلة الجزيئات.

تتكون حلقة بيضاء من كلوريد الأمونيوم حيث يلتقي الغازان. وحيث أن جزيئات الأمونيا أخف من جزيئات كلوريد الهيدروجين، فإنها تنتشر بسرعة أكبر - وتكون الحلقة البيضاء أقرب إلى الطرف الأيسر للأنبوب.

قانون أفوجادرو

الحجوم المتساوية من الغازات تحوي نفس العدد من الجزيئات في حال تساوي درجة حرارتها وضغطها.

وخذنا حجم من أول أكسيد الكربون. وخذنا حجم من ثاني أكسيد الكربون.

وخذنا حجم من غاز أول أكسيد الكربون تحوي نفس العدد من الجزيئات كوخذي حجم من غاز ثاني أكسيد الكربون (بالرغم من أن جزيئات ثاني أكسيد الكربون أثقل بكثير).

قانون جاي لوساك

عندما تتفاعل الغازات لتنتج غازات أخرى في درجة حرارة وضغط ثابتين، فإن نسبة أحجام التفاعلات والنسب هي نسبة عددية بسيطة صحيحة.

$2 \text{ ك (أ)} + 1 \text{ ك (ب)} \rightarrow 2 \text{ ك (ج)}$

←

$2 \text{ ك (أ)} + 1 \text{ ك (ب)} \rightarrow 2 \text{ ك (ج)}$

خضمان من غاز أول أكسيد الكربون يتفاعلان دائماً مع حجم واحد من غاز الأوكسجين لينتجا خضمان من غاز ثاني أكسيد الكربون.

### قوانين الغازات

قوانين الغازات تحكم سلوك الغاز إذا تغيرت ظروفه - من حيث درجة حرارته (د) أو ضغطه (ص) أو حجمه (ح)، في المعادلات أدناه، الرمز (ث) يمثل كمية ثابتة.

قانون بويل

ضغط الغاز يتناسب عكسياً مع حجمه، في حال ثبوت درجة الحرارة (أي بقل الحجم بازدياد الضغط):  $ص \propto \frac{1}{ح}$

قانون الضغط

ضغط الغاز يتناسب طردياً مع درجة الحرارة المطلقة، بثبوت الحجم (أي بزيادة ضغط الغاز بارتفاع درجة الحرارة):  $ص \propto ح$

قانون شارل

حجم الغاز يتناسب طردياً مع درجة الحرارة المطلقة، في حال ثبوت الضغط (أي بتفرد الغاز بارتفاع درجة الحرارة):  $ح \propto ح$

قانون الغاز المثالي يجمع قانوني بويل وشارل وقانون الضغط في معادلة واحدة، وتطبق كافة هذه القوانين على وجود أمثل على الغازات ذات الجزيئات الصغيرة الفسيحة المتباعدة - وهي الغازات التي يقال فيها إنها تشكل شكل الغاز المثالي (ثابت الغاز - ر) هو نفسه لكل الغازات).

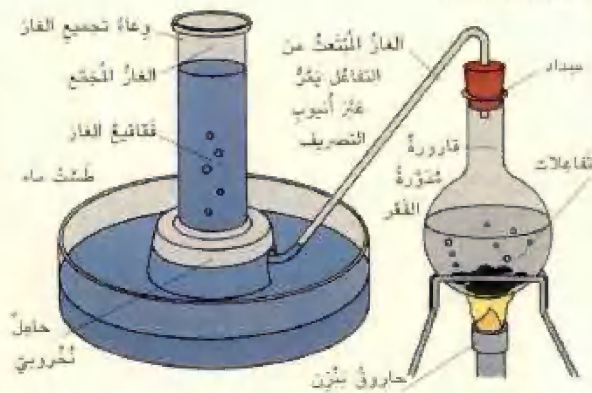
### السوابق والخواص

اسم المركب الكيميائي يدلنا على العناصر التي يتألف منها ذلك المركب. ويمكننا الحصول على هذه المعلومات بالنظر إلى لواحقي الاسم الكيميائي أو سوابقه.

المركب ينتهي بـ	الوصف	أمثلة
- يد	يحتوي فقط العنصرين المذكورين في الاسم.	كبريتيد الحديد (ح ك ب)
- يت	يحتوي الأكسجين بالإضافة إلى العنصرين المذكورين في الاسم.	كبريتيت الحديد (ح ك ب أ)
- ات	يحتوي أكسجيناً أكثر مما هو متواجد في - يت بالإضافة إلى العنصرين المذكورين في الاسم.	كبريتات الحديد (ح ك ب أ)
السابقة (أو البائدة)	عدد الذرات في البائدة	أمثلة
أول	١	أول أكسيد الكربون (ك أ)
ثاني	٢	أكسيد ثنائي النيتروجين (أكسيد النيتروز) (ن أ)
ثالث	٣	ثاني أكسيد النيتروجين (ن أ)
		ثالث كلوريد البورون (ب كل د)

### تجميع الغازات

من السهل تجميع الغاز الناتج عن تفاعل كيميائي، لكن الجهاز المثالي يجمع ذلك.



التفاعلات في تحضير ثاني أكسيد الكربون، مثلاً، يمكن أن تكون مُعاداة الرُخام (كربونات الكالسيوم) وحمض الهيدروكلوريك المخفف.

### اختبارات تعرف الغازات

لاقي أكسيد الكربون

إذا أمزجت قطرات غاز في ماء الجير الصافي (محلول هيدروكسيد الكالسيوم)، وأرسلت فقاعات الغاز المشتعلة، فترجع الغاز مشتعل.

هناك اختبار لهذا الغاز هو غاز الهيدروجين.

الهيدروجين

إذا فرقت شعلة مشتعلة من عينة صغيرة من غاز ما، فترجع الغاز مشتعل.

هناك اختبار لهذا الغاز هو غاز الهيدروجين.

الأوكسجين






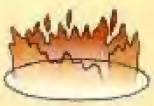

إذا أُلحقت شعلة مشتعلة شرقة الجير الصافي (محلول هيدروكسيد الكالسيوم)، وأرسلت فقاعات الغاز المشتعلة، فترجع الغاز مشتعل.

هناك اختبار لهذا الغاز هو غاز الهيدروجين.



## سلسلة التفاعلية

السلسلة التالية تُقارن بين تفاعلية (وفاعلية) العِلِّيات المختلفة، فالعِلِّيات في أعلى السلسلة هي الأكثر تفاعلية، والأقل تفاعلية هي في أسفلها.

التفاعل مع حامض مُخفَّف	التفاعل مع الماء	التفاعل عند الإحماء في الهواء	العِلِّيات
 تفاعلٌ غليظٌ يُنتج غازَ الهيدروجين ويحلّوهُ عُلْجًا،	 تفاعلٌ مع الماء البارد لإنتاج غاز الهيدروجين وحلول هيدروكسيد قلوي. تقلُّ شِدَّةُ التفاعل لُزُولاً نحو أسفل السلسلة.	 احتراقٌ شديدٌ يُنتج الأكاسيد.	K اليوتاسيوم «يو» Na الصوديوم «ص» Ca الكالسيوم «كا» Mg المغنسيوم «مغ» Al الألومنيوم «الم» Zn الزنك «ز» Fe الحديد «ح» Pb الرصاص «صا» Cu النحاس «نح» Ag الفضة «ف» Au الذهب «ذ»
 تفاعلٌ يُنتج غازَ الهيدروجين ويحلّوهُ عُلْجًا، وتقلُّ شِدَّةُ التفاعل نحو أسفل السلسلة.	 لا تفاعلٌ مع الماء البارد. تفاعلٌ مع البخار يُنتج غازَ الهيدروجين وأكسيد العِلِّيات وتقلُّ شِدَّةُ التفاعل نحو أسفل السلسلة.	 احتراقٌ يقلُّ شِدَّةُ نحو أسفل السلسلة.	
لا تفاعل	لا تفاعل	 تفاعلٌ بطيءٌ يُشكِّل طبقة أكسيدية سطحية	

**أجهزة مُختبرية (أو مَخْبَرِيَّة)**

هذه بعضُ أكثرِ الأجهزة استخدامًا في المُختبرات:

- قائمة: تسمى القابضة الأنياب فوق الحامل.
- فُتْع الفُتْل: يُصلّ سائلٌ لا مُزوجين. فالتسائل الأثقل يستقر في القعر، ويمكن استيراده أزلًا.
- حامل: يُثبت الحامل في مكانها.
- قارورة مُسطحة القعر: تُستخدم في تفاعلات التسائل عندما لا يكون هناك حاجة للتسخين.

أنبوب إغلاء: أنبوب من الزجاج السميكة الصايد للحرارة، يُستخدم في الإحماء الشديد للحواميد والسوائل.

جُفَّة تَخير: تُستخدم لاحتواء التحاليل المراد تسخينها بملقح لإطرد المُذيب.

أنبوب اختيار: يُستخدم في التفاعلات الكيميائية البسيطة وقد لا يكون ملائمًا للإحماء الشديد.

قارورة حُجْمِيَّة: تُستخدم في تحضير محلول دقيق التركيز جدًا. والسداد يُمكن من مزج المحاليل جيدًا.

مِخْيَار قِياس مَدْرَج: يُستخدم في القياس التقريبي لتحجم السائل.

دورق: يُستخدم كالكاسي لاحتواء السوائل.

سُحَّاجة: تُستخدم في إضافة محلولٍ إلى آخر، كما تُسجِّل كمية المحلول المُستخدَم بدقة.

ناحِة مَدْرَجَة: تُستخدم لقياس أحجام مُحددة بدقة من السوائل كميّات قليلة من السوائل.

قارورة مَخْرُوطِيَّة: تُستخدم في إجراء التفاعلات. وهي، بخلاف الدورق، يُمكن سَدُّها بيداد.

فُتْلارة: تُستخدم في إضافة كميات قليلة، غير بالغة الدقة، من محلولٍ إلى آخر.



## المواد

### استعمالات الإيثين

يُستخضر الإيثين خلال عمليات تكرير النفط أو الزيت الخام، بطريقة التكسير. وتُجرى هذه العملية في وحدات كيميائية ضخمة، حيث تعمل الحرارة على تكسير مزيج من الهيدروكربونات يُعرف بالنفتا. وتُستخدم المنتجات الثانوية وفُداً أو كمواضع أولية مهمة في عمليات كيميائية أخرى. وتُستخدم الإيثين مستقبلاً لإنضاج الفواكه صناعياً، لكن عندما يتفاعل مع الكيماويات، كما أدناه، فإنه يُنتج مواد جديدة لها مآث الاستعمالات في المجالات الصناعية.

#### بوليين (مكثور الإيثين)

يُستخدم في التغليف والتوصيب (كالأغشية الدائنية الأصفى والأكياس والفاني)، والأدوات المقلية (كالدلاء والواقيات والأواني المطبخية)، وغيرها (كالمواسير والكبوتل العازلة والملابس والأفلام الفوتوغرافية).

#### إيثانول

يُستخدم في تحضير مُلح الحلاقة والعلطور. ويستخدم في التجميل والكحول المُقَيَّل ومذيبات الدهان والراتنجيات وأنواع الصابون والاصباغ وغيرها (كالدائن والفقاير - كمشروبات التبغ، والألبسة).

#### بوليثين

يُستخدم في صنع بلاط السقوف وغوازل الجدران المقلية والطاسات والأكواب وعوازل التغليف (كما في أوعية اللبن) والثلثون (للملابس والمشاجر وأوتار مضارب التنس وشبك حشد السمك)، وغيرها (كقوالب السيارات والآلات النسيجية والأقراص الحاسوبية والألعاب).

#### كلوريد البولي فينيل

يُستخدم كمادة عازلة وكغطاية واقية (لمواسير الغاز والماء وخراطيم المياه والكبوتل العازلة وتركيبات السقوف وأظفار النوافذ وبلاط الأرضيات) وكذلك لصنع ورق الجدران والستائر والمشغلات والملابس الواقية والحفاظ البيوت والالعاب والأشظوانات وشرايط التسجيل والكيماويات (كالمشغلات المظهرة ومزيلات الشحم) والمزادات وغيرها.

### كربونات الصوديوم

كربونات الصوديوم  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (ص + ك أ) مركب كيميائي صناعي مهم يُحضّر من حجر الجير وبلح الطعام. وتُستخدم أساساً في صنع الزجاج بالإحماء مع سكر الجير والرميل. والزجاج زهيد تكاليف الإنتاج لأن موادّه الأولية متوافرة بكثرة.

يُستخدم رماد الصودا

(كربونات الصوديوم

اللامائية) بصورة رئيسية في

صنع الزجاج والكيماويات

والنظفات. وتُستخدم كميات

أقل منه في صنع مواد أخرى.

كيماويات

٪٢٥

منظفات

٪١٥

مواد أخرى

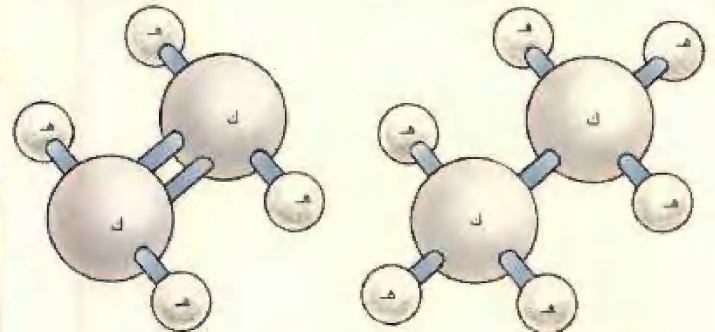
٪١٠

### الألكانات والألكينات

الألكانات والألكينات مركبات كيميائية هيدروكربونية تتألف من عنصرين فقط هما الهيدروجين والكربون. ومع أن ذرات هذين العنصرين مرتبة بالشق نفسه في كلا نوعي المركبات، فإن التماثل بين ذرات الكربون أحادي في الألكانات وثنائي في الألكينات. وهذا الفرق يعني أن الألكينات تتفاعل مع المواد الأخرى أكثر من الألكانات (أنظر استخدامات الإيثين إلى اليسار). وتستخدم الألكانات كوقود بصورة رئيسية. وتباين خصائص الألكانات والألكينات تبعاً لعدد ذرات الكربون التي تحتويها.

#### الألكانات

عدد ذرات الكربون في السلسلة	اسم المركب	الحالة الطبيعية على ٢٢°س	الصيغة الجزيئية
١	الميثان	غاز	$\text{CH}_4$
٢	الإيثان	غاز	$\text{C}_2\text{H}_6$
٣	البروبان	غاز	$\text{C}_3\text{H}_8$
٤	البوتان	غاز	$\text{C}_4\text{H}_{10}$
٥	البنزين	سائل	$\text{C}_5\text{H}_{12}$
٦	الهكسان	سائل	$\text{C}_6\text{H}_{14}$
٧	الهيبتان	سائل	$\text{C}_7\text{H}_{16}$
٨	الأوكتان	سائل	$\text{C}_8\text{H}_{18}$
٩	النونان	سائل	$\text{C}_9\text{H}_{20}$
١٠	الديكان	سائل	$\text{C}_{10}\text{H}_{22}$



الإيثين الكبريتي نموذجي يحوي رابطة ثنائية بين ذرتي الكربون.

الإيثان مثال على الكان يحوي رابطة أحادية بين ذرتي الكربون.

#### الألكينات

عدد ذرات الكربون في السلسلة	اسم المركب	الحالة الطبيعية على ٢٢°س	الصيغة الجزيئية
٢	الإيثين	غاز	$\text{C}_2\text{H}_4$
٣	البروبين	غاز	$\text{C}_3\text{H}_6$
٤	البوتين	غاز	$\text{C}_4\text{H}_8$
٥	البنزين	سائل	$\text{C}_5\text{H}_{10}$
٦	الهكسين	سائل	$\text{C}_6\text{H}_{12}$
٧	الهيبتين	سائل	$\text{C}_7\text{H}_{14}$
٨	الأوكتين	سائل	$\text{C}_8\text{H}_{16}$
٩	النونين	سائل	$\text{C}_9\text{H}_{18}$
١٠	الديكين	سائل	$\text{C}_{10}\text{H}_{20}$



## توزيع المواد الأولية في العالم



## استخدامات المواد الأولية

المواد الأولية	الاستخدامات
البوكسيت (أكسيد الألومنيوم)	أهم مصدر للألومنيوم - الذي يُستخدم في صناعة الطائرات وقطع التغليف والسيارات والدعائم والأواني المنزلية.
الفحم الحجري	يُنتج الفحم الحجري بصورة رئيسية من الكربون، ويُستخدم وقودًا لتدفئة المنازل وتوليد الكهرباء.
النحاس	يُستخدم النحاس في صنع الأسلاك والتكوير المؤشدة للكهرباء، وفي تصنيع سبائك من الشبائك كالنحاس الأصفر.
الغاز الطبيعي	يُستخدم الغاز الطبيعي في صنع الأسمدة والأسمدة، ويُستخدم وقودًا للتدفئة والطبخ.
خام الحديد	يُستخدم الحديد في تصنيع قطع حركات السيارات والمفاصل وفي صنع الفولاذ، والفولاذ أقوى من الحديد وأخذ المواد الرئيسية في بناء الجسور والمباني الشاهقة.
كاولين (مفل)	يُستخدم الكاولين في صنع الطوب والإسمنت لبناء المنازل، والخرفات لمصنع الفخار.
النفط	يُستخدم النفط وقودًا لمحركات الطائرات والسيارات والمصانع، وفي صنع اللدائن.
بليغ الطعام	يُستخدم الملح تابعًا للطعام، وفي صنع هيدروكسيد الصوديوم (الشودا الكاوية) وكربونات الصوديوم.
الكبريت	يُستخدم الكبريت في تحضير حامض الكبريتيك، الذي يُستخدم في تصنيع الدعائم والمنظفات واللدائن والألياف.
الخشب	يُستخدم الخشب في بناء المنازل وصنع الجدران (ج- جاتز) والأبواب والأثاث؛ وهو أيضًا المادة الأولية لصنع الورق.

المادة	المنتجون الرئيسيون	التجميع العالمي
البوكسيت (أكسيد الألومنيوم)	أستراليا ٣٧,٤ مليون طن إندونيسيا ١٦,٥ مليون طن	١٠٦,٤ مليون طن
الفحم الحجري	الصين ١٠,٤ مليون طن الولايات المتحدة ٨٨٩ مليون طن	٥٨٨٢ مليون طن
النحاس	تشيلي ١,٦ مليون طن الولايات المتحدة ١,٥ مليون طن	٩,٢ مليون طن
الغاز الطبيعي	كندا ١,٦ مليون طن الولايات المتحدة ١,٥ مليون طن	٢١٠٠٠٠٠ مليون م³
خام الحديد	كندا ١,٦ مليون طن الصين ١,٥ مليون طن	٩٨٤ مليون طن
كاولين (مفل)	كندا ١,٦ مليون طن الولايات المتحدة ١,٥ مليون طن	٢٣,١ مليون طن
النفط	كندا ١,٦ مليون طن الولايات المتحدة ١,٥ مليون طن	٢٩٨٧ مليون طن
بليغ الطعام	الولايات المتحدة ٣٥,٥ مليون طن الصين ٢٨,٢ مليون طن	١٨٩ مليون طن
الكبريت	الولايات المتحدة ١١,٦ مليون طن الصين ٧,٤ مليون طن	٦٠,٣ مليون طن
الخشب	الولايات المتحدة ١١,٦ مليون طن كندا ٨,٦ مليون طن	٧٦٤٧ مليون م³

© اتحاد الجمهوريات  
الشوفاينية الاشتراكية سابقًا



## القَوَى والطاقة

### مقاييس درجات الحرارة (الترموترات)

تقاس درجات الحرارة بالترموتر (ميزان الحرارة) الذي يقيس درجة حُمى أو برودة الأجسام أو الأشخاص، وكلما ارتفعت قِراءة المقياس كان حُمى الجسم أكثر. إذا كانت درجة حرارة جسم ما دون درجة الصفر على مقياس سليبيوس (وهي نقطة تجمد الماء) فنقرأ كرقم سلبى.

درجة حرارة مركز الشمس ١٤ مليون °س



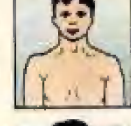
يقلى الماء على درجة ١٠٠° س (في ضغط عيارى)



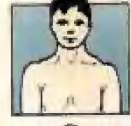
درجة الحرارة القصوى التي يتحملها جسم الإنسان العارى ٧٤° س



درجة حرارة جسم الإنسان العارى ٣٧° س



درجة الحرارة الدنيا التي يتحملها جسم الإنسان العارى ١٠° س



درجة تجمد الماء صفر (٠°) س



سليبيوس	فرنهي٢	كلفين
١٠٠	٢١٢	٣٧٣
٩٠	١٩٤	٣٦٣
٨٠	١٧٦	٣٥٣
٧٠	١٥٨	٣٤٣
٦٠	١٤٠	٣٣٣
٥٠	١٢٢	٣٢٣
٤٠	١٠٤	٣١٣
٣٠	٨٦	٣٠٣
٢٠	٦٨	٢٩٣
١٠	٥٠	٢٨٣
٠	٣٢	٢٧٣
-١٠	١٤	٢٦٣
-٢٠	-٤	٢٥٣

### مُعَادَلَات القَوَى والطاقة

نُستخدم المُعادلات التالية عادةً في الفيزياء. إن بعض الوحدات المستخدمة في حساب هذه المُعادلات واردة في جداول وحدات القياس المتري والإمبراطوري في الصفحة المُقابِلة.

مُعَدَّلُ السَّرعَة (م/ث)	المسافة المقطوعة (م) الزَّمن (ث)
القُوَّة (كغ/م/ث <sup>٢</sup> أو ن)	الكتلة (كغ) × التسارع (م/ث <sup>٢</sup> )
التَّسارع (م/ث <sup>٢</sup> )	تَغْيَرُ السَّرعَة (م/ث) الزَّمن (ث)
كثيَّةُ التَّحْرُك (كغ/م/ث)	الكتلة (كغ) × السَّرعَة (م/ث)
الدَّفْع (ن/ث)	القُوَّة (ن) × الزَّمن (ث)
الشَّغْل (ن/م أو جُول)	القُوَّة (ن) × المسافة المقطوعة (م) باتَّجاه القُوَّة
مُعَدَّلُ القُدْرَة (جُول/ث أو واط)	الشَّغْل المَبْدُول (ن/م) أو تَغْيَرُ الطاقة (جُول) الزَّمن (ث)
الكِفَايَة (%)	الشَّغْلُ الناتج (ن/م) × ١٠٠٪ الشَّغْلُ المَبْدُول (ن/م)
الضَّغْط (ن/م <sup>٢</sup> )	القُوَّة (ن) المِساحة (م <sup>٢</sup> )
الكثافة (كغ/م <sup>٣</sup> )	الكتلة (كغ) الحجم (م <sup>٣</sup> )

مفتاح الرموز: جُول - جُول، كغ - كيلوغرام، م - متر، ن - نيوتن، ث - ثانية، واط - واط.

### خَطُّ يَلْمَسُول

تَظْهَرُ السُّرَّةُ لَأَنَّ مُعَدَّلَ كثافتها أَقلُّ من كثافة الماء، ويُطْلَى عادةً على جانب هيكل السفينة علامة تُدْعَى خَطُّ يَلْمَسُول يَبَيِّنُ الحُمُولَة المأمونة القصوى. فإن غَلَقَتِ السَّفِينَة إلى ما فوقه تكون مُقرَّبة الحُمُولَة.

علامات يلمسول حسب سجل لوبيد

خطوط يلمسول إلى مستويات الحمولة المأمونة للسفينة، في المداخل والبحار المختلفة.



الولايات المتحدة  
٣٤ مليون



الاستهلاك الطاقي اليومي  
للفرد بالكيلوجول

المملكة المتحدة  
١٧,٥ مليون



أستراليا  
١٦,٥ مليون



### مُعَدَّلُ الاستهلاك الطاقي اليومي للفرد

يَبَيِّنُ المُخَطَّطُ التالي مدى اختلاف استهلاك الشخص للطاقة يوميًا من بلدٍ إلى آخر. الأرقام المُعطاة تشمل مُختلف مصادر الطاقة - كالطعام والكهرباء والغاز والبنزين - بِمُختلف مُشتقاته.





## وَحَدَاتُ الْقِيَاسِ (فِي النِّظَامَيْنِ الْمِثْرِيِّ وَالْإِمْبَرَاتُورِيِّ)

وَحَدَاتُ الْقِيَاسِ

الوحدات الإمبراطورية	ما يُعادلها	الوحدات البشرية	ما يُعادلها
الطول	١٢ إنشاً أو بوصة (إنش)	الطول	١٠٠ مليمترات (سم)
قدم	٣ أقدام	بتر (م)	١٠٠ سنتيمتر
يازرقة (يا)	١٧٦٠ يازرة	كيلومتر (كم)	١٠٠٠ متر
المساحة		المساحة	
قدم مربعة (قدم)	١٤٤ إنشاً مربعة (إنش)	سنتيمتر مربع (سم)	١٠٠ مليمتر مربع (ملم)
يازرقة مربعة (يا)	٩ أقدام مربعة	متر مربع (م)	١٠٠٠٠ سنتيمتر مربع
غتان	٤٨٤٠ يازرة مربعة	هكتار	١٠٠٠٠ متر مربع
ميل مربع	٦٤٠٠ غتاناً	كيلومتر مربع	١٠٠٠٠٠ متر مربع
الحجم		الحجم	
باينيت	٣٤,٦٨ إنش مكعب (إنش)	سنتيمتر مكعب (سم)	١٠٠٠ مليمتر (مل)
كولزات	٤ باينيتان	لتر (ل)	١٠٠٠٠ مليمتر
غالون	٤ كولزات	متر مكعب (م)	١٠٠٠ لتر
الكثافة		الكثافة	
ياونته	١٦ فونصة	كيلوغرام (كغ)	١٠٠٠ غرام (غ)
طن	٣٣٤٠ باونته	طن (طن)	١٠٠٠ كيلوغرام

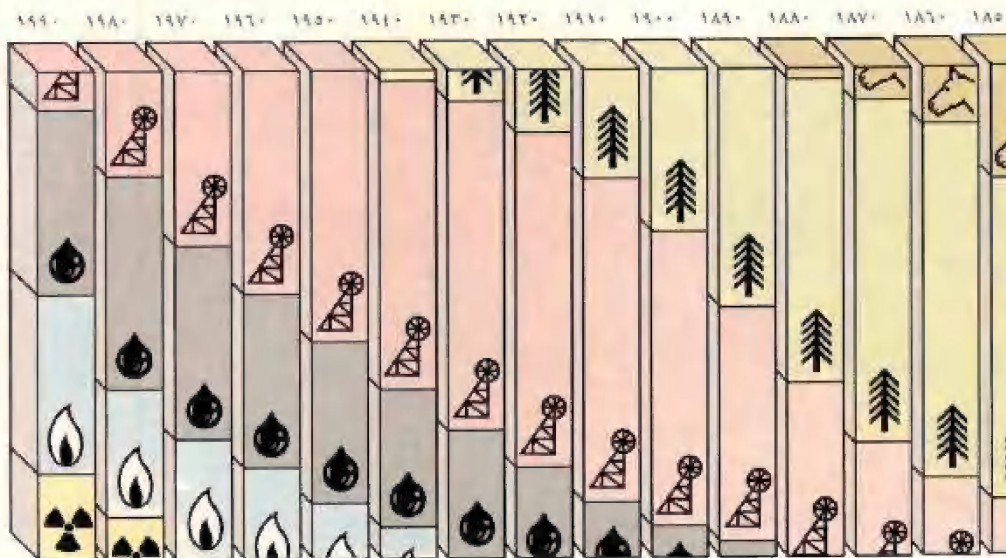
التحويل من وحدات إمبراطورية إلى مترية

التحويل من وحدات مترية إلى إمبراطورية

إشرب في	للتحويل من	إشرب في	للتحويل من
٢,٥٤	سنتيمترات	٠,٢٩	إنشات
٠,٢٧	أمتار	٢,٢٨	أقدام
١,٦٦	كيلومترات	٠,٦٢	أميال
٦,٤٥	سنتيمترات مربعة	٠,١٦	إنشات مربعة
١,٠٩	أمتار مربعة	١٠,٧٦	أقدام مربعة
١,٤٠	هكتارات	٢,٤٧	فدادين
٢,٥٩	كيلومترات مربعة	٠,٢٩	أميال مربعة
١٦,٣٩	سنتيمترات مكعبة	٠,٦٦	إنشات مكعبة
٠,٢٧	لترات	٢,٧٦	باينيتات (إمبراطورية)
٤,٥٥	لترات	٠,٢٢	غالونات (إمبراطورية)
٢٨,٣٥	غرامات	٠,٠٤	اونصات
٠,٢٥	كيلوغرامات	٢,٢٠	باونصات
١,٠٢	أمتان	٠,٩٨	أمتان (إمبراطورية)

## المَوَارِدُ الطَّاقِيَّةُ الْمُتَغَيِّرَةُ

يُبيِّنُ الْمُحِطَّلُفُ التَّالِيُّ تَغْيِيرَاتِ مَوَارِدِ الطَّاقَةِ فِي الْعَالَمِ مُنْذُ الْعَامِ ١٨٥٠. وَيُفَضِّحُ بِالرُّجُوعِ إِلَى مِفْتَاحِ الرُّمُوزِ أدناه أَنَّ مَوَارِدَ الطَّاقَةِ الْمُتَزَايِدَةَ الْإِسْتِخْدَامِ هِيَ النَّقْطُ وَالْعَارِزُ وَالطَّاقَةُ النَّوَوِيَّةُ.



### مَصَادِرُ الْقُوَى

العضلات
الخشب
الفحم
النَّقْطُ
الغاز
الطاقة النووية



## الكهرباء والمغناطيسية

### الوحدات الدولية - جدول رموزها

يُظَاهَرُ الْوَحْدَاتُ الدَّوْلِيَّةُ سَهْلَةً مِنْ الْوَحْدَاتِ الْمُتَقَنَّ عَلِيهَا دَوْلِيًّا لِإِسْتِخْدَامِ فِي الْأَعْرَاضِ الْعِلْمِيَّةِ . وَالْمُضَاعَفَاتُ الْمُسْتَعْمَلَةُ، مَعَ بَعْضِ الْوَحْدَاتِ الْكَهْرِبَائِيَّةِ فِي هَذَا النِّظَامِ صِغَرًا أَوْ كِبَرًا، تُشَمَّلُ: بِكُو  $\times 10^{-10}$ ، مِيَكْرُو  $\mu$   $\times 10^{-6}$ ، مِيلِي  $\times 10^{-3}$ ، كِيلُو  $\times 10^3$ ، وَمِيغا  $\times 10^6$ .

الكمية	الرمز	الوحدة	الاختصار	التوضيح
قُطْبِيَّة	ق	قُلْت	ق	تُنتِجُ الْبِطَارِيَّةُ أَوْ الْمَوْلِدُ قُطْبِيَّةً وَتَبْعًا تَنَارًا كَهْرِبَائِيًّا فِي الدَّارَةِ. قُرْبَى الْجُهدِ الَّذِي مَقْدَارُهُ قُلْت يُدْفَعُ تَنَارًا بِمَقْدَارِهِ آمِيزٍ غَيْرِ مُقَاوِمَةٍ بِمَقْدَارِهَا أوم.
شِدَّةُ التَّيَّارِ	ت	آمِيز	ا	التَّيَّارُ هُوَ دَفْقٌ مِنَ الْجُسَيْمَاتِ الْمُشْحُونَةِ (مِنْ الْإِلِكْتْرُونَاتِ عَادَةً). فَتَزِيان $6 \times 10^{18}$ (مِنْ الْإِلِكْتْرُونِ فِي الثَّانِيَةِ يُسَاوِي آمِيزًا وَاحِدًا.
مُقَاوِمَةٌ	م	أوم	اوم ( $\Omega$ )	مُقَاوِمَةُ الْمَوْضِلِ هِيَ مَقْدَارُ صَدِّهِ لِتَزِيانِ التَّيَّارِ. وَهَذِهِ الْمُقَاوِمَةُ تُشَبِّهُ تَحْوُلَ بَعْضِ الطَّاقَةِ الْكَهْرِبَائِيَّةِ إِلَى طَاقَةٍ حَرَارِيَّةٍ.
طَاقَةٌ	طا	جُول	جُول	يُمَثِّلُكَ جُولٌ مِنَ الطَّاقَةِ الْكَهْرِبَائِيَّةِ فِي الثَّانِيَةِ عِنْدَمَا يَتَزَيَّرُ تَنَارٌ بِمَقْدَارِهِ آمِيزٍ غَيْرِ مُقَاوِمَةٍ بِمَقْدَارِهَا أوم.
قُدْرَةٌ	قد	واط	واط	القُدْرَةُ هِيَ شَغْلُ الشُّغْلِ الْمَذْمُولِ أَوْ الطَّاقَةِ الْمُسْتَهْلَكَةِ. إِنَّ قُدْرَةَ واط وَاحِدٍ تُسَاوِي شَغْلَ جُولٍ وَاحِدٍ فِي الثَّانِيَةِ.
كَمِيَّةُ الشَّحْنَةِ الْكَهْرِبَائِيَّةِ	كـ	كُولوم	كل	الْكُولُومُ وَاحِدَةُ قِيَاسِ كَمِيَّةِ الشَّحْنَةِ الْكَهْرِبَائِيَّةِ. وَهُوَ يُسَاوِي الشَّحْنَةَ الْمُنْقُولَةَ بِوَاسِطَةِ تَنَارٍ بِمَقْدَارِهِ آمِيزٍ فِي ثَانِيَةٍ.

### التعبير بالمعادلات

المعادلات المبنية أدناه لا تعني شيئاً بحد ذاتها، لكن كلًّا منها يُمَكِّنُكَ مِنَ الْحُصُولِ عَلَى ثَلَاثِ مُعَادَلَاتٍ - كُلُّ وَاحِدَةٍ مِنْهَا تُمَكِّنُكَ مِنْ احْتِسَابِ إِحْدَى الْكَمِيَّاتِ الثَّلَاثِ إِذَا كَانَتْ أُتَتْتَابِي مِنْهَا مَعْرُوفَتَيْنِ. وَلِلْحُصُولِ عَلَى الْجَوَابِ الصَّحِيحِ يَجِبُ التَّعْبِيرُ عَنْ جَمِيعِ الْكَمِيَّاتِ بِوَحْدَاتٍ مِنْ نِظَامِ الْقِيَاسِ نَفْسِهِ (نِظَامِ الْوَحْدَاتِ الدَّوْلِيَّةِ).

فِي التَّعْبِيرِ التَّالِيَةِ جَمِيعُهَا، يُمَكِّنُ لِحُسُلِ الْكَمِيَّةِ الْمُرَادِ احْتِسَابُهَا؛ فَنُصَبِّحُ لَدَيْنَا:

$$1 = 1 \quad 1 = 1 \quad 1 = 1$$

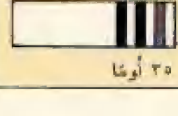
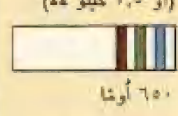
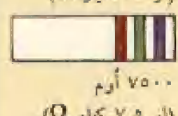
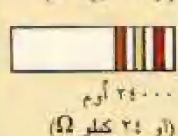
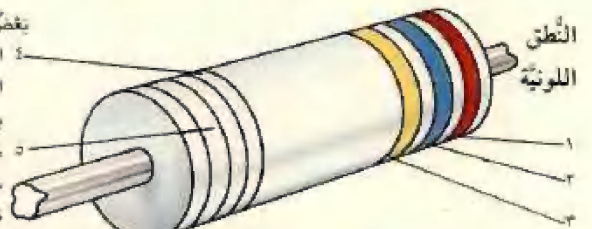
$$1 = \frac{1}{1}$$

الشحنة الكهربائية	$1 = \frac{\text{شدة التيار} \times \text{الزمن}}{1}$
القُطْبِيَّة	$1 = \frac{\text{شدة التيار} \times \text{المقاومة}}{1}$
القُدْرَةُ (الْمَبْنِيَّةُ فِي الْمُقَاوِمَةِ)	$1 = \frac{\text{القُطْبِيَّة} \times \text{شدة التيار}}{1}$
الطاقة	$1 = \frac{\text{القُدْرَةُ} \times \text{الزمن}}{1}$
السرعة الموجية	$1 = \frac{\text{التردد} \times \text{الطول الموجي}}{1}$

### المقاومات الكهربائية

تُستخدَمُ الْمُقَاوِمَاتُ لِلتَّحْكُمِ فِي سَرِيَانِ التَّيَّارِ فِي الدَّارَةِ؛ وَتُقَاسُ الْمُقَاوِمَةُ بِالْأوم ( $\Omega$ ). وَتُظَاهَرُ قِيَمَةُ الْمُقَاوِمَةِ عَادَةً بِالْأوم ( $\Omega$ ) - مُبَيَّنَةٌ بِثَلَاثَةِ نَقَطِي مُلَوَّنَةٍ هِيَ جُزْءٌ مِنْ شُعْرَةٍ لَوْنِيَّةٍ خَاصَّةٍ.

بَعْضُ الْمُقَاوِمَاتِ يَحْوِي السُّطَّاقِيْنَ الرَّابِعَ وَالْخَاصَّةُ:  
 ١- السُّطَّاقُ الْمَسْمُوحُ يُبَيِّنُ عِنْدَ قُرْبِ مُقَاوِمَةِ الْمُقَاوِمِ مِنَ الْقِيَمَةِ الْمَرْقُومَةِ عَلَيْهِ. بِمِثَالِ ذَلِكَ، مُقَاوِمٌ  $100 \Omega$ ،  
 ٢- يَعْنِي أَنَّ مُقَاوِمَتَهُ تَتَرَاوَحُ بَيْنَ ٩٨ و ١٠٢  $\Omega$ .  
 ٣- مُعَايِلُ دَرَجَةِ الْحَرَارَةِ بِأَجْزَائِهِ مِنَ الْمِيلْيُونِ لِكُلِّ دَرَجَةِ سِلْسْيُوس (ج/م/°)، هَذَا الْمُعَايِلُ يُبَيِّنُ جَقْدَارَ تَغْيِيرِ الْمُقَاوِمَةِ بِتَغْيِيرِ دَرَجَةِ الْحَرَارَةِ.



**قِيَمُ الْمُقَاوِمَاتِ**  
 التُّنْقُطُ الثَّلَاثَةُ الْأُولَى هِيَ أَجْزَاءُ مِنَ الشُّعْرَةِ الْوَلَوْنِيَّةِ (الْمُبَيَّنَةِ أَهْدَاءً). وَالْحَزَانُ الْأَوَّلَانِ يُبَيِّنَانِ الْعَدَدِيَّيْنِ الْأُولَيَيْنِ مِنْ قِيَمِ مُقَاوِمَةِ الْمُقَاوِمِ بِالْأوم - أَمَّا الْحَزْرُ الثَّلَاثُ فَيُقَيِّمُ الْكَمِيَّةَ الَّتِي يَجِبُ مُضَاعَفَتُهَا (أَي، عَدَدُ الْأَصْفَارِ الْمُضَافَةِ بَعْدَ هَذِهِ الْأَعْدَادِ).

شُعْرَةُ التَّرْمِيذِ	أَسْوَدَ	أَحْمَرُ	أَخْضَرُ	أَزْرَقُ	بَنَاجِي	رَمَادِي	أَبْيَضُ	لَوْنِي	قِيَمَتِي
نطاق 1 الرقم الأول	1	2	3	4	5	6	7	8	9
نطاق 2 الرقم الثاني	1	2	3	4	5	6	7	8	9
نطاق 3 المُضَاعَفِ	10	100	1000	10000	100000	1000000	10000000	100000000	1000000000
نطاق 4 التفاوت المسموح	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%
نطاق 5 مُعَايِلُ دَرَجَةِ الْحَرَارَةِ	100	1000	10000	100000	1000000	10000000	100000000	1000000000	10000000000



## الرموز الكهربائية والإلكترونية

الرموز المستخدمة عادة لبعض مقومات الدارات الكهربائية والإلكترونية مبنية أذناء. أحياناً تستخدم رموز بديلة لكثير من هذه المقومات، بخاسه في الكتب المنشورة في بلدان مختلفة.

## شفرة مورس

يمكن إرسال الرسائل بشفرة مورس المثقني عليها دولياً والمؤلفة من نقط وشريط تمثل الحروف والأرقام وسميات أخرى.

a	— · —	m	— — —	y	— · — —
b	— · · ·	n	— · —	z	— — · ·
c	— · — ·	o	— — —	1	· — — —
d	— · —	p	— — — ·	2	· · — —
e	· — —	q	— — — · —	3	· · · —
f	· · — ·	r	· — —	4	· · · · —
g	— — ·	s	· · —	5	· · · · ·
h	· · · ·	t	— — —	6	— · · · ·
i	· · — —	u	· · — —	7	— — · · ·
j	· — — —	v	· · · —	8	— · · · ·
k	— · — —	w	· · · — —	9	— — · · ·
l	— · — ·	x	· — — —	0	— — — —

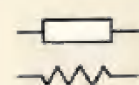

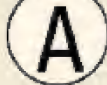






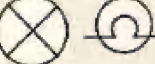


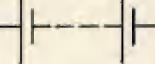

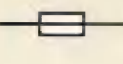
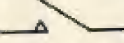













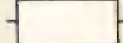
## نظام الترميز الثنائي

تستخدم الحاسبات الإلكترونية نظام الترميز الثنائي للأعداد، بالأحاد والأصفر فقط 0 و 1. بخلاف النظام العشري، الذي يحوي عشرة أرقام، من صفر (0) إلى تسعة (9). في النظام العشري، تمثل الأعداد الطويلة (من اليمين إلى اليسار) الأحاد، العشرات، المئات، الألوف، وهكذا دواليك. أما في النظام الثنائي، فتتمثل الأعداد الطويلة الأحاد، الاثنيتات، الأربعات، الثمانيات، وهكذا دواليك.

### الأعداد العشرية

### الأعداد الثنائية

8	4	2	1	10	1
0	0	0	0		0
0	0	0	1		1
0	0	1	0		2
0	0	1	1		3
0	1	0	0		4
0	1	0	1		5
0	1	1	0		6
0	1	1	1		7
1	0	0	0		8
1	0	0	1		9
1	0	1	0	1	0
1	0	1	1	1	1
1	1	0	0	1	2
1	1	0	1	1	3
1	1	1	0	1	4
1	1	1	1	1	5

		
مقاوم	فولتية	أمبير
		
ثوابع	مقاوم ضوئي الاعتماد	مقاوم متغير
		
جذر	دايود ضوء	ثلاثي (ثوابع) متغير
		
ضخخة	ميكروفون	مخبر
		
بطارية	شحول	ضخخة
		
مفتاح (مفتاح)	قطبية موجبة	قطبية سالبة
		
خطوط المجال الكهربائي (سالب)	خطوط المجال الكهربائي (موجب)	هوائي
		
ترانسفور	ترانسفور	خطوط المجال المغناطيسي
		
بوابية و	بوابية أو، (دائرة أو)	عاكس الطور (بوابية لا)
		
سلكان موصولان	سلكان غير موصولين	دائرة كهربائية متكاملة



# الصوت والضوء

## الطيف الكهرومغناطيسي

الضوء الذي يمكن مشاهدته هو نمط واحد من الإشعاع الكهرومغناطيسي الذي يضم أنماط إشعاع عديدة أخرى (كما هو مبين أدناه) تنتقل أمواجها بالسرعة نفسها، لكن أطوالها الموجية مختلفة.



مُرسل راديوي



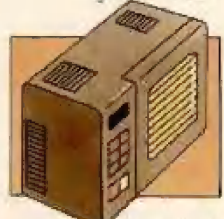
مَقْرَب



مُرسل تلفزيوني



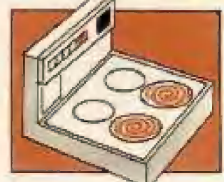
مَقْرَبَة



مُرسل الأمواج المَقْرَبَة



مَقْرَبَة



مَشْطَرَانْ بِالْأَشْفَة تَحْتَ المَعْمَرَة



مَقْرَبَة



مَصْبَاح الْأَشْفَة فَوْق الْبِلْسَجِيَّة



مَقْرَبَة



مَكَّة الْأَشْفَة إِنْكَس



مَقْرَبَة



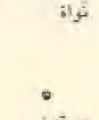
تَقْجِيحٌ نَوَوِي



مَقْرَبَة



مَقْرَبَة



مَقْرَبَة



مَقْرَبَة

نَمَطُ الْإِشْعَاعِ

أَشْيَاءٌ يُسَكِّنُ كَشْفُهَا

الْقَوْلُ الْمَوْجِي (م)

أَطْوَالُ مَوْجِيَّةٍ طَوِيلَةٍ

أَطْوَالُ مَوْجِيَّةٍ طَوِيلَةٍ

أَطْوَالُ مَوْجِيَّةٍ طَوِيلَةٍ

أَطْوَالُ مَوْجِيَّةٍ طَوِيلَةٍ

أَطْوَالُ مَوْجِيَّةٍ طَوِيلَةٍ

أَطْوَالُ مَوْجِيَّةٍ طَوِيلَةٍ

أَطْوَالُ مَوْجِيَّةٍ طَوِيلَةٍ

أَطْوَالُ مَوْجِيَّةٍ طَوِيلَةٍ

أَطْوَالُ مَوْجِيَّةٍ طَوِيلَةٍ

أَطْوَالُ مَوْجِيَّةٍ طَوِيلَةٍ

أَطْوَالُ مَوْجِيَّةٍ طَوِيلَةٍ

أَطْوَالُ مَوْجِيَّةٍ طَوِيلَةٍ

أَطْوَالُ مَوْجِيَّةٍ طَوِيلَةٍ

أَطْوَالُ مَوْجِيَّةٍ طَوِيلَةٍ

أَطْوَالُ مَوْجِيَّةٍ طَوِيلَةٍ

أَطْوَالُ مَوْجِيَّةٍ طَوِيلَةٍ

أَطْوَالُ مَوْجِيَّةٍ طَوِيلَةٍ

أَطْوَالُ مَوْجِيَّةٍ طَوِيلَةٍ

أَطْوَالُ مَوْجِيَّةٍ طَوِيلَةٍ

أَطْوَالُ مَوْجِيَّةٍ طَوِيلَةٍ

أَطْوَالُ مَوْجِيَّةٍ طَوِيلَةٍ

أَطْوَالُ مَوْجِيَّةٍ طَوِيلَةٍ

أَطْوَالُ مَوْجِيَّةٍ طَوِيلَةٍ

أَطْوَالُ مَوْجِيَّةٍ طَوِيلَةٍ

أَطْوَالُ مَوْجِيَّةٍ طَوِيلَةٍ

أَطْوَالُ مَوْجِيَّةٍ طَوِيلَةٍ

أَطْوَالُ مَوْجِيَّةٍ طَوِيلَةٍ

أَطْوَالُ مَوْجِيَّةٍ طَوِيلَةٍ

أَطْوَالُ مَوْجِيَّةٍ طَوِيلَةٍ

أَطْوَالُ مَوْجِيَّةٍ طَوِيلَةٍ

أَطْوَالُ مَوْجِيَّةٍ طَوِيلَةٍ

أَطْوَالُ مَوْجِيَّةٍ طَوِيلَةٍ

أَطْوَالُ مَوْجِيَّةٍ طَوِيلَةٍ

أَطْوَالُ مَوْجِيَّةٍ طَوِيلَةٍ

أَطْوَالُ مَوْجِيَّةٍ طَوِيلَةٍ

أَطْوَالُ مَوْجِيَّةٍ طَوِيلَةٍ

أَطْوَالُ مَوْجِيَّةٍ طَوِيلَةٍ

أَطْوَالُ مَوْجِيَّةٍ طَوِيلَةٍ

أَطْوَالُ مَوْجِيَّةٍ طَوِيلَةٍ

أَطْوَالُ مَوْجِيَّةٍ طَوِيلَةٍ

أَطْوَالُ مَوْجِيَّةٍ طَوِيلَةٍ

أَطْوَالُ مَوْجِيَّةٍ طَوِيلَةٍ

أَطْوَالُ مَوْجِيَّةٍ طَوِيلَةٍ

أَطْوَالُ مَوْجِيَّةٍ طَوِيلَةٍ

أَطْوَالُ مَوْجِيَّةٍ طَوِيلَةٍ

أَطْوَالُ مَوْجِيَّةٍ طَوِيلَةٍ

أَطْوَالُ مَوْجِيَّةٍ طَوِيلَةٍ

أَطْوَالُ مَوْجِيَّةٍ طَوِيلَةٍ

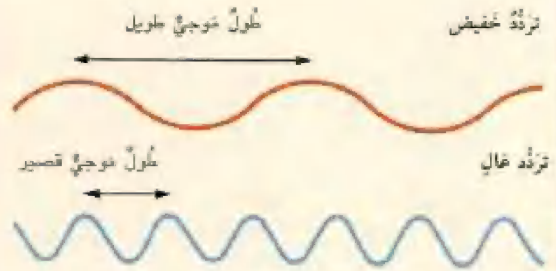
أَطْوَالُ مَوْجِيَّةٍ طَوِيلَةٍ

أَطْوَالُ مَوْجِيَّةٍ طَوِيلَةٍ

أَطْوَالُ مَوْجِيَّةٍ طَوِيلَةٍ

## المُعَادَلَةُ الْمَوْجِيَّة

سَعَةُ الْمَوْجَة هِيَ ارْتِفَاعُ ذُرُوتِهَا (أَوْ انْخِفَاضُ بَقْلِهَا) عَنْ خَطِّ الصُّفْرِ. وَالْقَوْلُ الْمَوْجِي هُوَ الْمَسَافَةُ بَيْنَ ذُرُوتَيْنِ مُتَابِلَتَيْنِ، وَالتَّرْدُّ هُوَ عَدَدُ الذَّبِذَبَاتِ (أَوْ التَّمَوُّجَاتِ) فِي الثَّانِيَةِ.



المُعَادَلَةُ الْمَوْجِيَّة

السَّيْرَةُ الْمَوْجِيَّة (م/ث) = التَّرْدُّدُ (هَرْتِز) × الْقَوْلُ الْمَوْجِي (م)

## التَّعْرِيفُ الْفُوتُوغْرَافِي

يَسَمَّى تَحْدِيدُ فِتْرَةِ التَّعْرِيفِ بِالتَّوْفِيقِ بَيْنَ سُرْعَةِ الْغَلَقِ وَقَطْرِ الْفُتْحَةِ. لَكِنْ يُمَكِّنُ الْخُصُولُ عَلَى التَّعْرِيفِ الصَّحِيحِ، فِي ظُرُوفٍ ضَوْئِيَّةٍ مُتَبَايِنَةٍ، بِتَغْيِيرِ الْفُتْحَةِ، مَعَ بَقَاءِ سُرْعَةِ الْغَلَقِ ثَابِتَةً عَلَى ٢٥٠/١ فِيلِم ٢٠٠ آرَا (وَحَدَّةُ الْجَمْعِيَّةِ الْأَمْرِيكِيَّةِ لِلْمَقْيَاسِ).



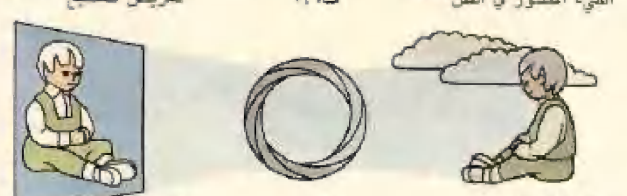
نُورُ الشَّمْسِ سَاطِعٌ



خَبْرٌ غَائِمٌ جَرِّثًا



الْشَّمْسُ الْمُسَوَّرُ فِي الظِّلِّ



خَبْرٌ غَائِمٌ جَدًّا

\* إِذَا قَلَّ الرَّقْمُ الْبُورِي (ف) تَزَادَتْ فَتْحَةُ (أَوْ حُكَّةُ) الْعَدْسَةِ أَسَافَةً



## معامل الانكسار

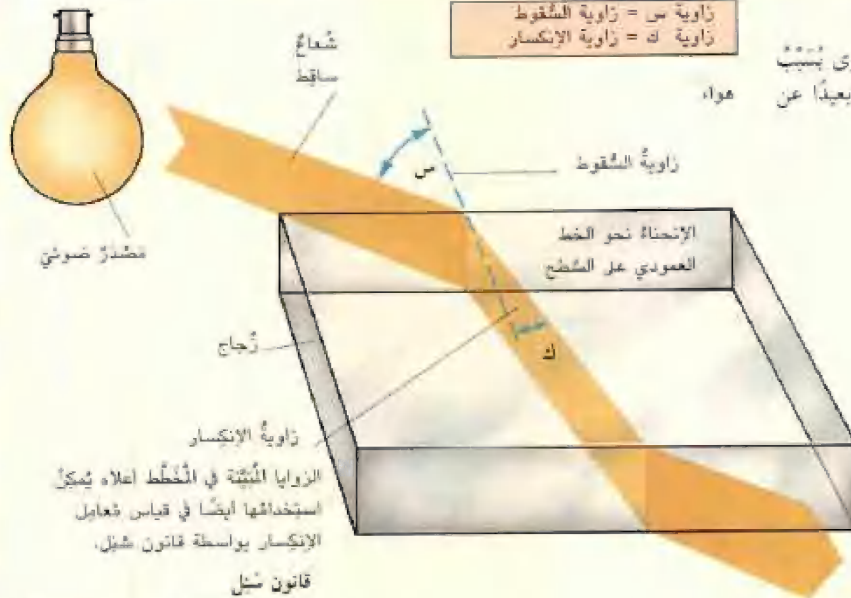
إنَّ تغيُّرَ سرعة الضوء عند انتقاله مائلًا من مادة شفافة إلى أخرى يتسبب تغيرًا في اتجاهه. وكلما ازداد هذا التغير يزداد انحناء الضوء بعيدًا عن اتجاهه الأصلي.

شعاع (أو دليل) الانكسار هو النسبة بين سرعة الضوء في الفراغ وسرعته في مادة شفافة أخرى.

شعاع الانكسار	سرعة الضوء في الفراغ
لاي مادة شفافة	سرعة الضوء في تلك المادة

شعاع انكسار الماء (١,٣٣) هو أقل من شعاع انكسار الزجاج (١,٥). وهذا يعني أنَّ الضوء ينكسر أكثر وبالقائي يكون انحناءه أكثر عند مروره في الزجاج منه عند مروره في الماء.

المادة	معامل الانكسار	سرعة الضوء (م/ث)
الهواء	١,٠	٣٠٠٠٠٠٠٠٠
الماء	١,٣٣	٢٢٥٠٠٠٠٠٠
البرشمتس	١,٥	٢٠٠٠٠٠٠٠٠
الزجاج	١,٥	٢٠٠٠٠٠٠٠٠
الألماس	٢,٤	١٢٠٠٠٠٠٠٠



قانون سنيل

$$\frac{\text{جا س}}{\text{جا ك}} = \text{معامل الانكسار}$$

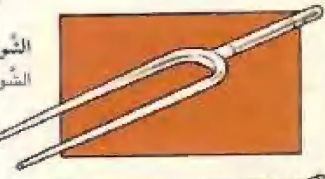
جا = جيب الزاوية

## مدى التردد لآلات موسيقية

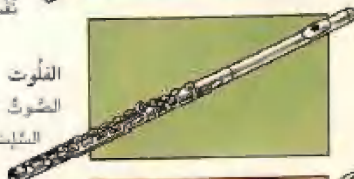
تُصدر كلُّ الآلات صوتًا يجعل شيء يتذبذب أو يهتز فيها. هذه الاهتزازات تنتج، في الهواء، الأمواج الصوتية التي تنتقل إلى آذاننا مُحدثةً تغيرات سريعة في ضغط الهواء متساوية مع ديدة الآلة.



الشوكة الرنانة  
الشوكة الرنانة تُصدر نغمة نقية أحادية التردد فيما تُضرب الآلات الأخرى، غالبًا، عدة ترددات في الوقت نفسه، فتلف شكلًا موجيًا معقدًا.



الفلوت  
الصوت السليل النقي للفلوت يبدو بالانعطافات السليسة النقيس في شكلها الموجي المنتظم.



البرشمتس  
الأصوات الغنية الصادرة عن الآلات ذات الانسنة، كالبرشمتس، تضم ترددات عديدة أكثر بكثير من الأصوات الصافية الصادرة عن الفلوت.



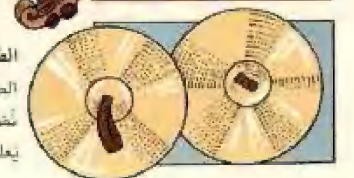
الكلاوييت  
اللسان الأحادي في الكلاوييت يُصدر نغمة خميسًا غليسا.



الكمان  
صوت الكمان التهييج المنبع يُضَم عدة توافقيات عالية التردد تُؤلف شكلًا موجيًا حادًا الشرسرة.



الصنح  
الصوت المزدحم للصنح يملك نغمة موجيًا شرسرة غير منتظم، يعلو ويهبط بشكل عشوائي تقريبيًا.





## الأرض

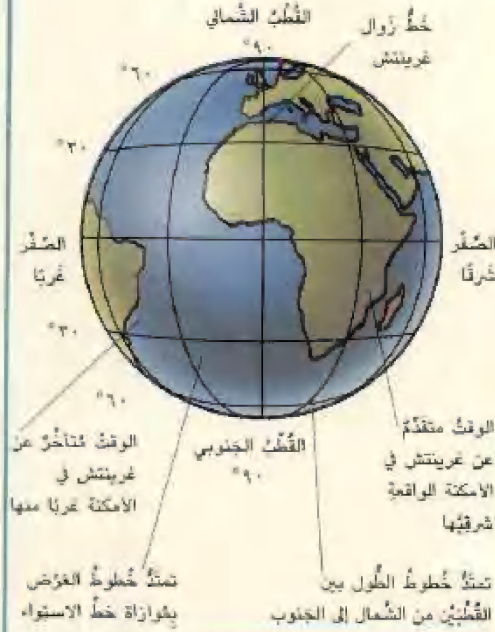
### جدول الأزمنة الجيولوجية

هذا الجدول يوضح تاريخ الأرض الذي يُحَسَّبُ بِدراسة العصور التي تَكَوَّنَتْ فيها طبقات الصخور الرسوبية المتنوعة.

عصر	حقبة	الزمن*
الحقبة الرابعة	الهرلوسين	٠-١
	البلستوسين	١,٦
	الплиوسين	٥,٣
	المبوسين	٢٣
	الأوليغوسين	٣٤
	الإيوسين	٥٤
	الباليوسين	٦٥
الحقبة الثالثة	الطباشيري	١٣٥
	الجوراي	٢٠٥
	الثلاثي	٢٥٠
	البرمي	٣٠٠
	الكربوني	٣٥٥
الحقبة الثانية	الديفوني	٤١٠
	السيلوري	٤٣٥
	الأردفيس	٥١٠
	الكتري	٥٧٠
		٤٦٠٠
الحقبة الأولى		٤٦٠٠

### خطوط الطول والعرض

يقع خط الاستواء على خط العرض صفر، ويمر خط الطول الصفري بمدينة غرينتش قرب لندن، إنكلترا. وتُحَسَّبُ مواقع الأمكنة بدرجات العرض والطول؛ وتقسَّم كل درجة إلى ٦٠ دقيقة.

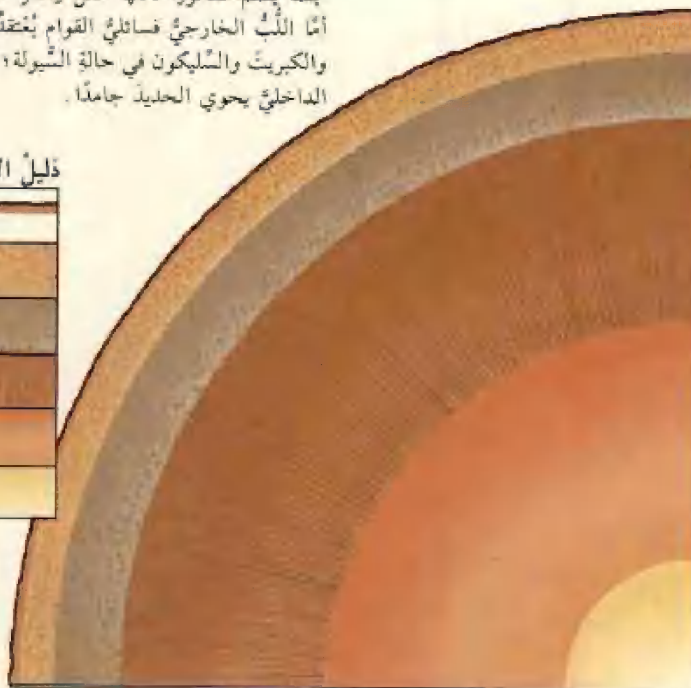


### بنية الأرض

تتملُّ بنية الأرض أربع طبقات: الطبقة الخارجية، أو القشرة، تتألف من أنماط صخرية مختلفة كالبازلت والجرانيت. والدثار أيضا يضم صخورا لكنها أثقل وأكثر قمامة من صخور القشرة. أما اللب الخارجي فساكني القوام يُعتقد أنه يحوي الحديد والكبريت والسليكون في حالة السيولة؛ في حين يرجح أن اللب الداخلي يحوي الحديد جامدا.

#### دليل الألوان

القشرة
الدثار العلوي
منطقة تحول
الدثار
اللب الخارجي
اللب



العمق (كم)	الضغط (ك بار)	الكثافة (كغ / م <sup>٣</sup> )	درجة الحرارة (°م)
٥٠	١٠٠	٢٨٠٠	٥٠٠
١٠٠	١٥٠	٣٥٠٠	١٧٥٠
١٠٠٠	٢٢٥	٤٥٠٠	٢٠٠٠
٢٩٠٠	١٣٢٥	٦٠٠٠	٣٠٠٠
٥١٠٠	٢٣٠٠	١٢١٠٠	٣٦٠٠
٦٣٠٠	٣٧٥٠	١٢١٠٠	٤٠٠٠



## مقياس «موهر» للصلادة

ابتكر عالم المعادن الألماني، فريدريخ موهر، جدولاً معيارياً لقياس الصلادة بالمقارنة مع عشرة معادن مختارة. تزداد صلادة المعادن بازدياد رقم صلادته - أي إن كل معدين يتخذه المعدن ذات الأرقام الأقل من رقم صلادته.

		١ الطلق
		٢ الجبس
		٣ الكلسيت
		٤ الفلوريت
		٥ الأباتيت
		٦ الأرثوكلاز
		٧ الكوارتز
		٨ التوباز
		٩ الكروندم
		١٠ الألماس

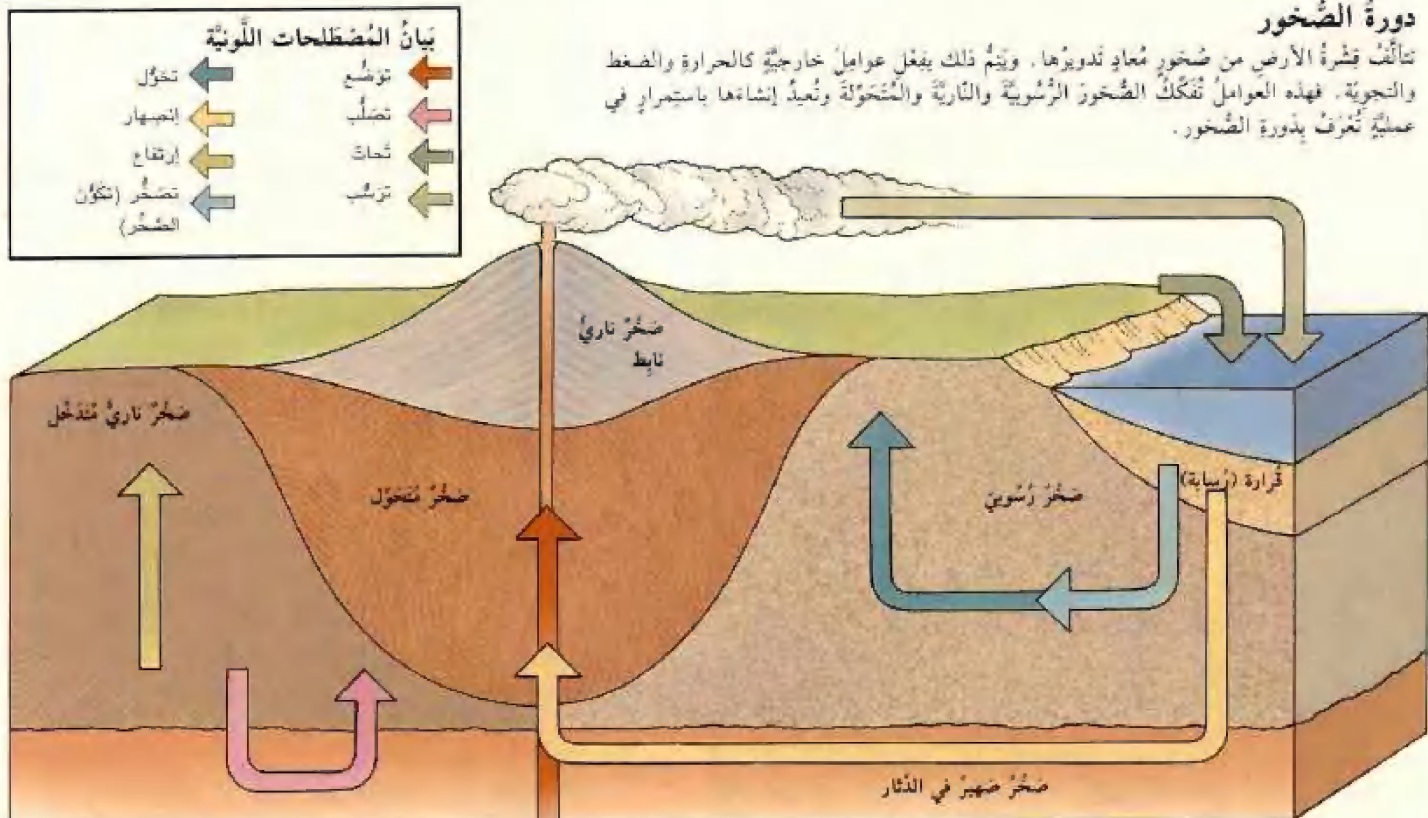
## الصخور الشائعة

الصخور التي تولدت الأرض إما نارية (بركانية) أو رسوبية أو متحولة. تتشأ الصخور النارية من تصلب الصهارة (الصخر المنصهر). وتتشكل الصخور الرسوبية من تجوية الصخر والرمل والغرين المتجمعة بضغط الطبقات فوقها. وتتكون الصخور المتحولة بتغير المحتوى المعدني للصخر بتأثير الحرارة والضغط. وفي ما يلي عشرة أمثلة شائعة من كل نوع:

ناري	رسوبي	متحول
غرانيت	حجر جيري	أردواز
اسواني	دولوميت	فيليت
جانبرو	حجر رملي	شست
دولزيت	كوتجولوميرات (رصاص)	نايس
بارلت	برشيا (بريشة)	هورنبل (صخور قريئة)
انديزيت	رملية الحجر (الفلوريت)	رخام
سبنجي (ألبيدي)	حجر غريني	كوارتزيت (خزوبت)
ديوريت	حجر طيني	ميجمايت
صخر بورفير (شخافي)	مفل (مفل صفي شخافي)	امفيبوليت (الحامرات)
زئوليت	صلصال	تاكتيت

## دورة الصخور

تتألف قشرة الأرض من صخور معاد تدويرها. ويتم ذلك بفعل عوامل خارجية كالحرارة والضغط والتجوية. فهذه العوامل تفتك الصخور الرسوبية والنارية والمتحولة وتعيد إنشائها باستمرار في عملية تعرف بدورة الصخور.





# الطقس

## مَنْظَمَةُ الأرصاد العالمية

تتألف مَنْظَمَةُ الأرصاد العالمية من شبكة تضم قرابة ١٠,٠٠٠ محطة أرصاد جوية دائمة في سائر أنحاء العالم. وتتوالى التقارير من هذه المحطات تلقوياً كل ثلاث ساعات (تُدعى ساعات الرصد الآن) إلى ثلاثة عشر مركزاً رئيسياً لرصد الطقس تظهر على خريطة العالم الميَّنة جانباً. وتقوم هذه المراكز بتحويل المعلومات التي تصلها عن الطقس باستمرار إلى جميع بلدان العالم لتُعيد نشرها وتنبؤاتها الجوية.

## أحوال جوية قصوى

يُبين الجدول التالي الأحوال الجوية القصوى المسجلة حول العالم. المفروغ القصوى هي في بعض الأماكن جزء من النمط المعتاد في تلك الأحقاع. وفي أماكن أخرى تنقطع ظروف، كالفيضانات أو الجفاف، النمط المعتاد.

**تساقط الثلج الأعظم**  
(في ١٢ شهراً) ٦٢-٣١ ملم، من ١٩٧٦/٣/١٩ إلى ١٩٧٢/٢/١٨، وذلك في يركيس، جبل ريش في ولاية واشنطن، بالولايات المتحدة.

**تساقط المطر الأعظم**  
(في ٢٤ ساعة) ١٨٧٠ ملم، من ٣/١٥ إلى ١٩٥٢/٣/١٦، في سيلاوس، رينكير، بالبحر الهندي.

**فترة الجفاف القصوى**  
(تغسل المطر السنوي) صفر في صمره أنكانا، قرب كالاهار بالشبي، استمر جفاف ٤٠٠ سنة حتى عام ١٨٧٢.

**أعلى سرعة رياح سطحية**  
٣٧٩ كم/س، على جبل واشنطن (ارتفاعها ١٩١٦م) في نيويورك، بالولايات المتحدة بتاريخ ١٢/٤/١٩٣٤.

**شع الشمس الأقصى**  
٩٧٪ (لاكثر من ٤٢٠٠ ساعة) في الصحراء الشرقية.

**شع الشمس الأدنى**  
صفر، في القطب الشمالي، حيث يستمر غطل الشتاء ١٨٢ يوماً.

**أعلى درجة حرارة في الظل**  
٥٨°س، في الغريزية (ارتفاعها ١١١م)، ليبيا في ١٣/٩/١٩٢٢.

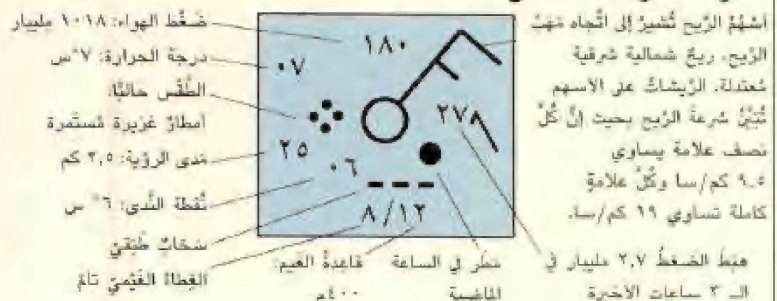
**أدنى أشد حرارة**  
(أدنى السنوي) ٢٤.٨°س في أول، النيجر.

**أدنى الأكثر برودة**  
(أدنى القليل الأبرد) - ٨٩°س في محطة بلاشر، في القارة القطبية الجنوبية.

**الأيام المظلمة الأكثر**  
(في السنة) حتر ٣٥٠ يوماً في السنة، في جبل واي إيلاي (ارتفاعها ١٥٦٩م) في كاتماي، هاري.

**الكان الأعصف رياحا**  
تبلغ سرعة العواصف ٣٢٠ كم/س، في خليج الكوشموت، ساحل جورج الخامس، القارة القطبية الجنوبية.

## قراءة خرائط الطقس



## رُمُوزُ خرائط الطقس

يُستخدم الأرصاديون قائمة من الرُمُوز لبيان الطقس وسرعة الرياح، والرُمُوز الميَّنة أدناه معتمدة عالمياً. فتى رُبيعت على خرائط الطقس فإنها توفر معلومات أساسية تُستخدم في إعداد نشرات وتنبؤات الأحوال الجوية. ويستخدم مذيعة نشرات الأحوال الجوية التلغرافية لُحفاً مَبْنُطة من هذه الرُمُوز.

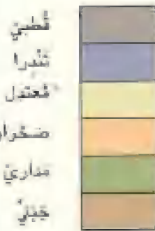
شائيرة (خساي خفيف)	شباب	زاد
● مطر	؛ شمس وزاد	☼ شمس وثلج
* شمس	▽ وابل سطر	☼ سطر وابل سطر
▽ وابل شمس	◇ وابل زاد	⌞ عاصفة رعدية
جبهة باردة	جبهة دافئة	جبهة مزلخة
رياح من الخليفة إلى العاصفة	رياح من الخليفة إلى العاصفة	رياح من الخليفة إلى العاصفة
هادي	هادي	هادي



## مراكز رصد الطقس

مواقع الثلاثة عشر مركزاً لرصد  
الطقس مُمَيَّنَةً على خريطة العالم،  
وهذه المواقع هي:

- ١ واشنطن العاصمة، الولايات المتحدة
- ٢ براكنيل، المملكة المتحدة
- ٣ باريس، فرنسا
- ٤ أولمبيا، ألمانيا
- ٥ بورغو، تشيكوسلوفاكيا
- ٦ موسكو، روسيا
- ٧ القاهرة، مصر
- ٨ نيوبلي، الهند
- ٩ بيجينج، الصين
- ١٠ طوكيو، اليابان
- ١١ ملبورن، أستراليا
- ١٢ نيروبي، كينيا
- ١٣ برازيليا، البرازيل



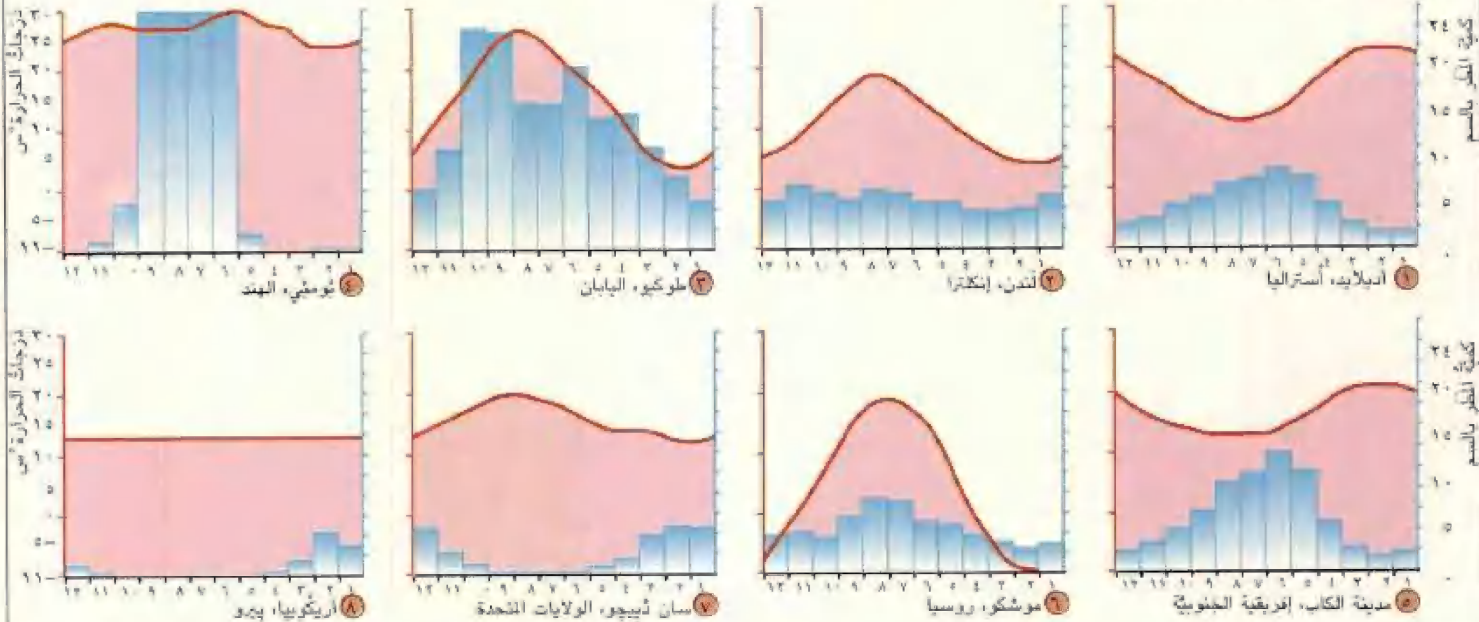
تيارات محيطية



هذه الخريطة تُبيِّن مواقع  
مراكز الرصد الجوي حول  
العالم، كما تُبيِّن أيضاً المناطق  
المناخية الرئيسية والتيارات  
المحيطية في العالم.

## مناخ المدن الرئيسية

الرُّسُومُ البيانية أدناه تُبيِّن المعدلات الإحصائية لدرجات الحرارة وكميات المطر لثلاثين مُختلفة حول العالم  
(مواقع هذه المدن مُمَيَّنَةً على خريطة العالم أعلاه).





## الفضاء

### المع النجوم

يُقاس لمعان النجم بالقدر المُحدّد له. وكلّما انخفض القدر كان النجم ألمع، بحيث إنّ لمعان نجم من قدر مُعيّن يُزيد مرتين ونصفاً على لمعان نجم من القدر الذي يليه كما يُدوّان من الأرض. أمّا القدر المُطلق فهو كمية الضوء التي يُنتجها النجم فعلياً.

الاسم	القدر الظاهري	القدر المُطلق	البعد عن الشمس (بالسنين الضوئية)
الشعري البياض	- ١,٤٦	+ ١,٤	٨,٦٥
شهب	- ٠,٧٣	- ٢,٦	١٢٠٠
خضار	- ٠,٦	+ ٤,٩	٤,٣٨
الشماك الزامح	- ٠,٦	- ٠,٢	٣٦
النور الواقع	+ ٠,٠٤	+ ٠,٥	٢٦
العنقود	+ ٠,١٨	- ٠,٥	٤٢
رجل الجبار	+ ٠,٦١	- ٧,١	٩٠٠
الشعري الشامية	+ ٠,٣٥	+ ٢,٦	١١,٤
خبيث (أو إيثا) الجوزاء	+ ٠,٤٩	- ٥,٧ (متغير)	٣١٠
أخير النهر	+ ٠,٥٦	- ٢,٥	١١٧
الوزن	+ ٠,٦٣	- ٤,٦	٤٩٠
النور الملائر (المير)	+ ٠,٧٧	+ ٢,٢	١٦
الدبران (عين الثور)	+ ٠,٨٥	- ٠,٧	٦٩
نجم نعيم (الصليب الجنوبي)	+ ٠,٩١	- ٣,٧	٣٧٠
قلب العقرب	+ ٠,٩٢	- ٤,٥	٤٣٠
الشماك الأعزل (السنبلة)	+ ٠,٩٦	- ٣,٦	٢٦٠
رأس التوام المؤخر	+ ١,١٥	+ ١,٠	٣٥
قمر الحوت	+ ١,١٦	+ ١,٩	٢٣
ذئب الأسد (الذئب)	+ ١,٣٥	- ٧,١	١٨٠٠
نجم نعيم الثاني	+ ١,٣٥	- ٥,١	٤٨٩
قلب الأسد	+ ١,٣٥	- ١,٧	٨٥
القناري	+ ١,٥٠	- ٤,٤	٦٨١

### الشمس

الشمس أسطح النجوم في سمات بلا منازع بسبب قربها من الأرض. وحيث إنّ ضوء الشمس يستغرق ٨,٣ دقائق ليصل إلينا، فإنّ الشمس التي نراها هي الشمس قبل ٨,٣ دقائق.

كتلة الشمس  $1,99 \times 10^{30}$  غ

درجتها حرارتها السطحية  $6000^\circ$  ك

درجتها حرارة لبها  $15000000^\circ$  ك

قطرها  $1392000$  كم



### أعظم الرّجُم

الاسم	البلد	الوزن التقريبي بالطن
قوتيا وش	جنوب غرب إفريقية	٦٠
خمسة الألبينغيتو	جريتلند	٣٠,٤
باتكوبريتو	المكسيك	٢٧
أفيسو	توراليا	٢٦
أجبالك	غرب جريتلند	٢٠,١
أرمنتي	جمهورية شقوليا الشعبية	٢٠
ششوپايروس	المكسيك	١٤
ويلايت	الولايات المتحدة	١٤
تامبو بل سيلو	الأرجنتين	١٣
شندرايلا	أستراليا	١٢

### الكواكب السّيارة

وأورانوس ونبتون. أمّا بلوتو فهو الكوكب التاسع الشّاذ، إذ إنّ أصغر الكواكب السّيارة ويتألف من صخر وجليد.

هناك تسع سيارات في النظام الشمسي تقع في مجموعتين تقريباً. المجموعة الأقرب إلى الشمس هي الكواكب الصخرية الأربعة - عطارد والزهرة والأرض والمريخ. وتضمّ المجموعة الأبعد العملاقة الغازية وهي المشتري وزحل.

الكوكب	عطارد	الزهرة	الأرض	المريخ	المشتري	زحل	أورانوس	نبتون	بلوتو
البعد عن الشمس بملايين الكيلومترات	٥٧,٩	١٠٨,٢	١٤٩,٦	٢٢٧,٩	٧٧٨,٣	١٤٣٧	٢٨٧٠	٤٤٩٧	٥٩١٣
القطر الاستوائي (بالكيلومتر)	٤٨٧٩	١٢١٠٤	١٢٧٥٦	٦٧٨٦	١٤٢٩٨٤	١٢٠٥٣٦	٥١١٩٨	٤٩٥٢٨	٢٣٨٤
الكثافة (الأرض = ١)	٠,٥٦	٠,٨٢	١	٠,٧	٣١٨	٩٥	١,٤٥	١٧	٠,٠٠٢
الحجم (الأرض = ١)	٠,٠٥٦	٠,٨٦	١	٠,١٥	١٣١٩	٧٤٤	٦٧	٥٧	٠,٠١
درجة حرارة السطح (°س)	١٨٠ - ٤٣٠ +	٤٨ - ٧٠	٥٥ + ١٢٠ -	٢٥ + ١٢٠ -	١٥٠ -	١٨٠ -	٢١٤ -	٢٢٠ -	٢٣٠ -
جاذبية السطح (الأرض = ١)	٠,٣٨	٠,٩	١	٠,٣٨	٢,٦٤	٠,٩٢٥	٠,٧٩	١,١٢	٠,٠٥
زمن الدوران حول الشمس (سنة الكوكب)	٨٧,٩٧ يومًا	٢٢٤,٧ يومًا	٣٦٥,٢٦ يومًا	٦٨٦,٩٨ يومًا	١١,٨٦ سنة	٢٩,٤٦ سنة	٨٤,٠١ سنة	١٦٤,٨ سنة	٢٤٨,٥ سنة
زمن التدوير الكاملة (يوم الكوكب)	٥٨,٦٥ يومًا	٢٤٢,٠١ يومًا	٢٣,٩٣٦ ساعة	٢٤,٦ ساعة	٩,٩ ساعة	١٠,٩ ساعة	١٧ ساعة	١٦ ساعة	٦ أيام
٣٦٠ (يوم الكوكب)	٤٧,٩	٣٥	٢٩,٨	٢٤,١	١٣,١	٩,٦	٦,٨	٥,٤	٤,٧
السرعة المدارية (كم/ث)	-	-	١	٢	١٦	١٨	١٥	٨	١
عدد الأقمار	-	-	-	-	-	-	-	-	-



## الكوكبات

سواء الأرض مُرَصَّعة بحوالى ٦٠٠٠ نجم يُمكن رؤيتها بالعين المُجرَّدة . والنجوم التي نراها تعتمد على موقعك على سطح الأرض وعلى ذلك الوقت من السنة . وتبين الخريطتان المُرفقتان النجوم التي يُمكن رؤيتها من نصفَي الكرة الشمالي والجنوبي . ونتيجة لتدويم الأرض تبدو النجوم كأنها تتحرك غير السماء . لذا ينبغي تدوير هذه الخرائط أيضًا . فالنجوم الواقعة في وسط الخريطتين ، تظل تُرى على مدار السنة ، أما تلك الواقعة على الحواف فتُرى فقط في أوقات مُعيَّنة من السنة .

### الدب الأكبر

تقول أسطورة يونانية إنها امرأة جميلة حوَّلتها إلهة عُذراء إلى دب .



### الفرس الأعظم

تُشجَّد هذه الكوكبة شكل حصان شجاع . وفي الأساطير اليونانية ، أنها حصان قُفِّر من رماه مؤلِّمة تُدعى ميدوزا . بعد أن قتلها بيرساوس .



### الجبار

الجبار إحدى الكوكبات التي يُمكن رؤيتها بسهولة . وفي الأساطير اليونانية أن الجبار كان صيادًا ناجحًا لِكَنَّهُ مُتَعَدِّيًا .



### الكلب الأكبر

هذه الكوكبة تُشكِّل أحد الكُتَيْبِ المُطبَّقي فُكوكها على غفقي الجبار . والشعوى اليونانية ، المنع نجم في السماء . هي إحدى النجوم التي تُولِّد هذه الكوكبة .

### قنطورس

تُشكِّل الكوكبة الكائن الأسطوري قنطور الذي يُمسك الأعلى إنسانًا والأسفل حصانًا . وهي تضم الظلمان القريب ، أقرب نجم إلى الأرض (عدا الشمس) .

### برج العقرب

في الأساطير اليونانية أن العقرب أرسل ليقتل الجبار . والكوكبتان تقعان الآن في طرفين مُتقابلين من السماء . فعندما يغيث الجبار يُلغ العقرب .



## نصف الكرة الشمالي



## نصف الكرة الجنوبي





## الكائنات الحيّة

### كيف تستخدم المخطط

المخطط مُمَيِّز لَوْنِيًا بحيث يُمكنك معرفة مُستوى التصنيف لأيّ من المجموعات الحيّة بسرعة.



هذا المخطط يبيّن كيف يُصنّف البيولوجيون أشكال الحياة المختلفة على الأرض. هنالك خمس مجموعات رئيسيّة تدعى عوالم، والعوالم مُقسّمة بدورها إلى وحدات أصغر. كلُّ مُنْعَص في المخطط مُمَيِّز بمعلومتين أساسيتين عنه - أولاهما تحدّد مجموعة الأحياء التي ينتمي إليها، والثانية تُبيّن الكائنات الحيّة الأخرى الأقرب إليه في عمليّة التطوّر.

<p><b>الفطريات</b></p> <p>الفطريات تتضمّن غذاءها مما تُحسّره النباتات والحيوانات. هنالك ما يزيد على ١٠٠٠٠٠٠ نوع، الكثير منها مجهرى.</p> <p><b>الفطور السحابة</b></p> <p>١٠٠٠٠</p> <p><b>الفطور الحشوية</b></p> <p>١٠٠٠٠٠</p>	<p><b>الأوليات</b></p> <p>هذا العالم يشتمل على الكائنات الحية، وفيه حوالي ٥٠٠٠٠ نوع يعيش شعقلها في الماء.</p> <p><b>المتنورات</b></p> <p>١٠٠٠٠</p> <p><b>المتنورات</b></p> <p>١٠٠٠٠٠</p> <p><b>الغنيبيات</b></p> <p>١٠٠٠٠٠</p>	<p><b>بدائيات النوى (المنويرا)</b></p> <p>هذا العالم يشتمل أبسط أشكال الحياة على الأرض، وفيه أكثر من ٤٠٠٠ نوع.</p> <p><b>البكتيريا</b></p> <p>٢٠٠٠</p> <p><b>الطحالب الخضراء</b></p> <p>٢٠٠٠</p>
--	--	--

يُنتج الأبواغ أو البُزور، التي تنشر عالمًا بعيدًا عن البُنة الأم بوسائل مختلفة. النباتات البسيطة تتكاثر بالأبواغ، أما النباتات الأكثر ارتفاعًا، كالفنوريات والنباتات الزهرية، فتتكاثر بالبُزور.

**النباتات**

يحتوي عالم النبات أكثر من ٤٠٠٠٠٠ نوع من النباتات التي تُخلّق غذاءها مُستخدمة ضوء الشمس، بالإضافة إلى بعض الأنواع التي فقدت تلك القدرة نالًا. النباتات لا تُؤثّر بذاتها، لكنها تتنازل وتتكاثر.

فيمكّن العيش في شواطئ مائية أجف، بعض علماء الأحياء يُصنّفون جميع أشكال الطحالب في عالم الأوليات.

<p><b>الحراريات والكبديات</b></p> <p>الحرارية</p> <p>٢٥٠٠٠</p> <p>لاوعائية</p>	<p><b>الطحالب السراية</b></p> <p>السراية</p> <p>٢٠٠٠</p> <p>لاوعائية</p>	<p><b>الطحالب الحمرية</b></p> <p>الحمرية</p> <p>٤٠٠٠</p> <p>لاوعائية</p>	<p><b>الطحالب الخضراء</b></p> <p>الخضراء</p> <p>٦٠٠٠</p> <p>لاوعائية</p>
<p><b>الصنوبريات</b></p> <p>الصنوبريات</p> <p>٥٥٠</p> <p>وعائية</p>	<p><b>ذنب الخيل (الكُنَّاب)</b></p> <p>الكُنَّاب</p> <p>٥٥٠</p> <p>وعائية</p>	<p><b>رجل الذئب</b></p> <p>فصيلة رجل الذئب</p> <p>٤٠٠</p> <p>وعائية</p>	<p><b>السراخس</b></p> <p>السراخس</p> <p>١٢٠٠٠</p> <p>وعائية</p>

**النباتات الزهرية (الزهرات)** يوجد أكثر من ٣٥٠٠٠٠ نوع من النباتات الزهرية؛ وهي تلكا وعائية وتنتج بُزورًا. النباتات الزهرية، كالخونان، تتألف زهرتها من أجزاء مُنفصلة مُتجانسة ترتب حول شوية الزهرة، أما الزهرات الأكثر ارتفاعًا، كالقمعية، فزهرتها أجزاء أقل تندمج عادةً معًا لتُكوّن أقسامًا أو أنابيب؛ وغالبًا ما يكون شكلها زهرية غير مُنحط.

<p><b>أحاديات الفلقة</b></p> <p>يُزوّر هذا النبات ذات فلقة واحد، وأوراقها مُتوازية الشعير، ولجذره الزهرة ثلاثية أو مضاعفات للعدد ٣، وهي قُلَمًا تكون خشبية.</p> <p><b>الأعشاب</b></p> <p>النباتات</p> <p>٨٠٠٠</p> <p><b>الشون</b></p> <p>الشون</p> <p>١٨٥٠</p>	<p><b>ذوات الفلقتين</b></p> <p>يُزوّر هذه النباتات ذات فلقتين، وأوراقها شبيهة الشعير، أقسامها الزهرية رباعية أو خماسية أو مضاعفات لعدد ٢، وهي قُلَمًا تكون خشبية.</p> <p><b>أفخون</b></p> <p>المزخات</p> <p>١٨٤٠٠</p> <p><b>البقول</b></p> <p>البقول</p> <p>١٨٤٠٠</p> <p><b>الزردار</b></p> <p>الزردار</p> <p>١٨٤٠٠</p>
<p><b>الطحالب</b></p> <p>الطحالب</p> <p>١٨٥٠٠</p> <p><b>الخلنج</b></p> <p>الخلنج</p> <p>٣٨٥٠</p> <p><b>البُلو</b></p> <p>البُلو</p> <p>٣٨٥٠</p> <p><b>الملفوف</b></p> <p>الملفوف</p> <p>٣٨٥٠</p>	<p><b>البقدونس والجزر</b></p> <p>البقدونس</p> <p>٣٨٥٠</p> <p><b>القميبيات</b></p> <p>القميبيات</p> <p>٣٨٥٠</p>



## الحيوانات

عالم الحيوان يحوي شعبيات تقسم بالنباتات أو الحيوانات الأخرى، أو ببقائهما. معظم الحيوانات تستطيع التنقل من مكان إلى آخر، لكن بعضها يقضي حياته الباقية في مكان واحد. هناك ما بين ١٠ إلى ٢٠ مليون نوع من الحيوانات.

الماء أو في المواطن البيئية الرطبة. وتُعرف شعبة المفصليات بأنها حققت نجاحا شديدا في الماء وعلى البر.

اللافقاريات هذه الفئة العائدة تشمل جميع الحيوانات التي ليس لها عمود فقري، وتضم أكثر من تسعة أعشار جميع أنواع الحيوان. الكثير من اللافقاريات رخوا الجسم يعيش في

الماء أو في المواطن البيئية الرطبة. وتُعرف شعبة المفصليات بأنها حققت نجاحا شديدا في الماء وعلى البر.

<p><b>اللافقاريات (الاسماك)</b> الأسماك ٩٥٠٠ بحرية غالبا الزواحف قناديل البحر الشقائق البحرية القناريات (الهيدرا)</p> 	<p><b>المفصليات</b> الديدان المسطحة ٩٥٠٠ الشففحات العنبر الغنبر الديدان الشففة الفرطيات</p> 	<p><b>الزحوانات</b> الزحوانات ٩٥٠٠ مائية وبرية الجحشوات الزق والقوق الطنوس والممار العروحي الصفديات الشففة الأعطوطات والحبار والشيدجات</p> 	<p><b>الحلقيات</b> الديدان الحلقية ٩٥٠٠ مائية وبرية الغراطين والشوديات الحمرار الغلي الديدان العنبرية وديدان بحرية أخرى</p> 	<p><b>الشوكيات</b> شوكيات الجلد ٩٥٠٠ بحرية الشجديات القفصية قناديل البحر جبار البحر نجم البحر زقاق البحر والشجديات الزينة</p> 	<p><b>شعب صغيرة</b> الشجديات والشوديات والشففديات ٩٥٠٠ الأسماك البحرية الزواحف جوقات الخرطوم (الهيرنيية)</p> 
---	---	---	---	---	--

المفصليات هذه الشففة الكبيرة تحوي حيوانات متفصلة الاجسام شذفة يعطيا هيكل خارجي. يذم الهيكل الخارجي الجسم ويحميه، كما يمتد من الشفاف على البر.

<p><b>اللافقاريات</b> الأسماك ٩٥٠٠ بحرية غالبا الزواحف قناديل البحر الشقائق البحرية القناريات (الهيدرا)</p> 	<p><b>المفصليات</b> الديدان المسطحة ٩٥٠٠ الشففحات العنبر الغنبر الديدان الشففة الفرطيات</p> 	<p><b>الزحوانات</b> الزحوانات ٩٥٠٠ مائية وبرية الجحشوات الزق والقوق الطنوس والممار العروحي الصفديات الشففة الأعطوطات والحبار والشيدجات</p> 	<p><b>الحلقيات</b> الديدان الحلقية ٩٥٠٠ مائية وبرية الغراطين والشوديات الحمرار الغلي الديدان العنبرية وديدان بحرية أخرى</p> 	<p><b>الشوكيات</b> شوكيات الجلد ٩٥٠٠ بحرية الشجديات القفصية قناديل البحر جبار البحر نجم البحر زقاق البحر والشجديات الزينة</p> 	<p><b>شعب صغيرة</b> الشجديات والشوديات والشففديات ٩٥٠٠ الأسماك البحرية الزواحف جوقات الخرطوم (الهيرنيية)</p> 
---	---	---	---	---	--

الحبليات هذه الشففة تحوي حيوانات ذات خنجر عصبني وظهري جاسي يمتد على طول الجسم. وفيها ٤٤٠٠٠ نوع كلها تقريبا فقارية (أي تحوي عمودا فقريا). أما شفعينا

<p><b>اللافقاريات</b> الأسماك ٩٥٠٠ بحرية غالبا الزواحف قناديل البحر الشقائق البحرية القناريات (الهيدرا)</p> 	<p><b>المفصليات</b> الديدان المسطحة ٩٥٠٠ الشففحات العنبر الغنبر الديدان الشففة الفرطيات</p> 	<p><b>الزحوانات</b> الزحوانات ٩٥٠٠ مائية وبرية الجحشوات الزق والقوق الطنوس والممار العروحي الصفديات الشففة الأعطوطات والحبار والشيدجات</p> 	<p><b>الحلقيات</b> الديدان الحلقية ٩٥٠٠ مائية وبرية الغراطين والشوديات الحمرار الغلي الديدان العنبرية وديدان بحرية أخرى</p> 	<p><b>الشوكيات</b> شوكيات الجلد ٩٥٠٠ بحرية الشجديات القفصية قناديل البحر جبار البحر نجم البحر زقاق البحر والشجديات الزينة</p> 	<p><b>شعب صغيرة</b> الشجديات والشوديات والشففديات ٩٥٠٠ الأسماك البحرية الزواحف جوقات الخرطوم (الهيرنيية)</p> 
---	---	---	---	---	--



# الكائنات الحية - كيف تعمل

مدى الأعمار

مدى أعمار مختلف المُنْعَصِيات. أما البكتريا والأوليات فتتكاثر عادةً بالانقسام الثنائي، فتبقى خلاياها أو بعضها حية بالرغم من انشطاراتها.

يرتبط مدى العمر في معظم الكائنات الحية، بعملية التكاثر؛ فالنباتات والحيوانات لا تعيش طويلاً بعد انتهاء حياتها التناسلية، فيما يلي

دقيقة واحدة	يوم واحد	شهر واحد	سنة واحدة	١٠ سنوات	١٠٠ سنة	١٠٠٠ سنة
البكتريا	دقيقة ٢٠					
الأوليات (المتحركة)	عثة أيام					
الفطريات	وعاء الرقائق في الفسحة الحورية ٢-٣ أيام		خوش الفطر القشري ١-٤ سنوات			
الصفوريات			والبلحبات فزارع الشجر ١-٤ سنوات	أرتر لينان ٥٠٠ سنة	الطشوس ٢٥٠٠ سنة	السنوبر الهندي الكبريت ٥٠٠٠ سنة
الرقيقيات		شجاش متكور ٦ أشهر	المنحة سبتل	الشمار الطويل ١٥٠ سنة	الخيزران ٢-٣ سنة	البوط (السديان) ١٠٠٠ سنة
المنحليات	ذباب المنزل ٢٧-٣٠ يوماً	فراشة شطلي سنة واحدة	القرنفل ٥٠ سنة			
الاسماك		شبوط نسمة القدم ٨ أشهر	الشكل الذهبي ١-٢ سنة	القرنفل الصيني ٦٠ سنة	حشيش البحر ٥٠-٨٠ سنة	
الزواحف			التمشيد اللس ١٥ سنة	التمشيد الشائع ٢٠ سنة	القطرود الشائع ١٠ سنة	
الزواحف			الثور العاصف ٤٠ سنة	التمساح الأمريكي ٦٠ سنة	الغواصة الشائعة ١٢ سنة	
الطيور		أبو الحن الأروبي سنة واحدة	لوزس لارك ٢٥ سنة	التعل ٥٠ سنة	القطرس الحمر ٦٠ سنة	
الثومانات		قربلة الشائعة سنة واحدة	القطرود الشائعة ١٢ سنة	القطرود الشائعة ١٢ سنة	القطرود الشائعة ١٢ سنة	

## فترات الحمل

فترة الحمل هي الفترة الزمنية بين الإخصاب والميلاد وهي في معظم الثدييات مُعَدَّة بِدَقَّة. فالثدييات الضخمة غالباً ما تكون فترات حملها طويلة - مع بعض الاستثناءات، كما في الكناغر حيث فترة الحمل قصيرة جداً.

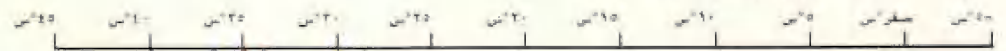
أوبوسوم ثرجينيا ١٢ يوماً (١٨-٢٠)	السنور الذهبي ١٥ يوماً (٨-٦)	فأرة المنزل ٢٠ يوماً (١٤-٦)	الكناغر ٣٣ يوماً (١٦)	الكلاب ٦٣ يوماً (٨-٣)	الأشود ١١ أيام (٣-٢)
الغزال ٣٠ يوماً (١٤-٦)	السنور الذهبي ١٥ يوماً (٨-٦)	السنور الذهبي ١٥ يوماً (٨-٦)	السنور الذهبي ١٥ يوماً (٨-٦)	السنور الذهبي ١٥ يوماً (٨-٦)	السنور الذهبي ١٥ يوماً (٨-٦)
السنور الذهبي ١٥ يوماً (٨-٦)	السنور الذهبي ١٥ يوماً (٨-٦)	السنور الذهبي ١٥ يوماً (٨-٦)	السنور الذهبي ١٥ يوماً (٨-٦)	السنور الذهبي ١٥ يوماً (٨-٦)	السنور الذهبي ١٥ يوماً (٨-٦)
السنور الذهبي ١٥ يوماً (٨-٦)	السنور الذهبي ١٥ يوماً (٨-٦)	السنور الذهبي ١٥ يوماً (٨-٦)	السنور الذهبي ١٥ يوماً (٨-٦)	السنور الذهبي ١٥ يوماً (٨-٦)	السنور الذهبي ١٥ يوماً (٨-٦)
السنور الذهبي ١٥ يوماً (٨-٦)	السنور الذهبي ١٥ يوماً (٨-٦)	السنور الذهبي ١٥ يوماً (٨-٦)	السنور الذهبي ١٥ يوماً (٨-٦)	السنور الذهبي ١٥ يوماً (٨-٦)	السنور الذهبي ١٥ يوماً (٨-٦)



## دَرَجَةُ حرارة الجِسْم

المُضْطَلَّحان «حارّ الدَّم» و«بارد الدَّم» قد يكونان مُضْلَلَيْن . فالشُّبُوطُ البَريخيُّ الصَّحراوي «بارد الدَّم» كسائر الأسماك؛ لكنّه يَعيشُ في البَينابيع الحارّة، ودَمّه حارٌّ في الواقع . فيما الحَفَاشُ المُسْتَكْبِرُ شِتا «حارّ الدَّم» لكنّ دَرَجَةَ حرارة جِسمه أبردُ بكثيرٍ .

## حيوانات خارجية الإحار (باردة الدَّم)



سمك الجليل  
٢-٥°س

الشُّبُوطُ  
صغرى  
٣-٥°س

الضفادع  
٧°س

الغظايا  
١٨°س

الشُّبُوطُ البَريخيُّ  
الصَّحراوي  
٣٥°س

## الفيثامينات

الفيثامينات مُغذّيات أساسيّة يحتاجها الجِسْمُ بِكميَّاتٍ ضئيلةٍ جدًّا . القائمة أدناه تُبيِّنُ احتياجات الشخص البالغ من الفيثامينات يوميًّا .

### فيثامينات تذوّب في الدّهون

فيثامين أ	١ مليغرام
فيثامين ب	٧,٥ ميكروغرامات
فيثامين هـ	١٠ مليغرامات
فيثامين ك	١٠٠ ميكروغرام

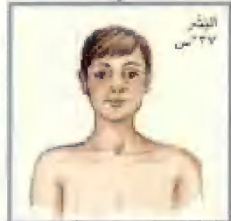
### فيثامينات تذوّب في الماء

فيثامين ب١	١,٥ مليغرام
فيثامين ب٢	١,٧ مليغرام
نياسين	١٩ مليغرامات
فيثامين ب٦	٢,٢ مليغرام
فيثامين ب١٢	٣ ميكروغرامات
حامض البانتوثنيك	٦ مليغرامات
حامض الفوليك	٥٠٠ ميكروغرام
بيوتين	٢٠٠ ميكروغرام
فيثامين ج	٦٠ مليغرامات

## حيوانات داخلية الإحار (حارة الدَّم)



الطيور  
٢٠°س



البشر  
٣٧°س



الحفّاش  
٢٥°س



أكلات الثّلث الشوكيّة  
٢٠°س



الخفافيش  
٣٨°س

## مُعَدَّلَاتُ الأَبْض (الإِسْتِقْلَاب)

إنّ مُعَدَّلَ الإِسْتِقْلَاب لأيّ حيوانٍ هو مُعَدَّلُ ما «يُخزّفه» من الغِذاء لِإطلاقِ الطّاقة . فيما يلي مُعَدَّلَاتُ الأَبْض لمجموعةٍ من الكائنات المُختلفة ، بالمُقارَنة مع مُعَدَّلِهِ في البَشَر . فالكائنات الصّغيرة ينبغي لها حَرَقُ الغِذاء بِمُعَدَّلٍ أبيض أعلى بالنّسبة لأحجامها - لأنّ مساحةَ جليدها الكبيرة نسبيًّا تُفقدُ أجسامها الحرارة بسرعة .

لِلْمُقارَنة يُبيِّنُ المُحْطَطُ سُرْعَةَ احتراقِ الغِذاء في الحيوانات لِكُلِّ وَخْذَةٍ وَزَنٍّ من أجسامها ، بافتراضِ الرقمِ وِاجِدِ المُعَدَّلُ لِلإِنسان .

الفيل ٠,٣٤

الحصان ٠,٥٢

الإنسان ١,٠٠

الزرافة ٢,٠٥

الكلب ١,٥٧

الخنزير ٣,٢٤

القط ١,١٥

الشّجّاب ٤,٩٠

فأرة المارتن ٧,٨٦

فأرة الخشخاش ٢١,٩٠

الزّنابق ٣٥,٢٤



# البيئات

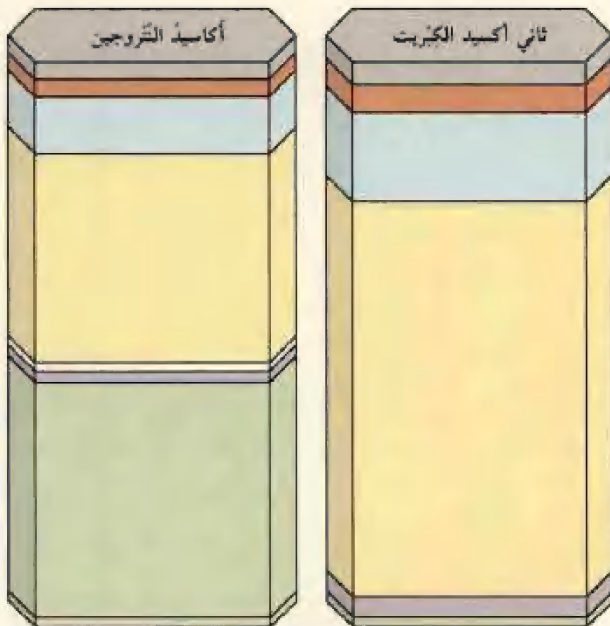


## التلوث

الدليل (مصادر التلوث)

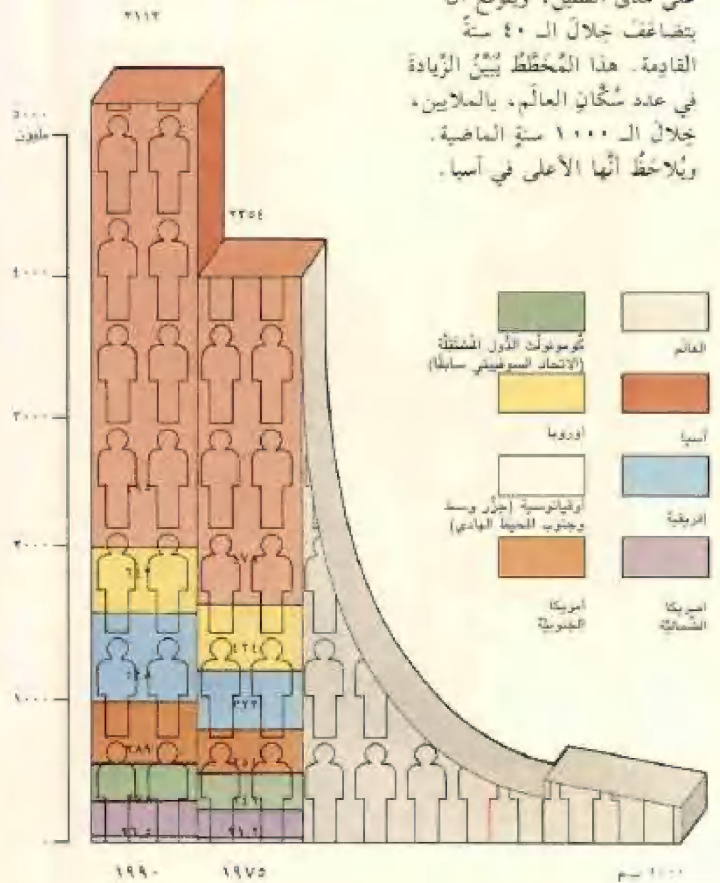
التجارة
المنازل
المصانع
مخلفات القمامة
المخلفات المنزلية
مخلفات النقل
حركة المرور
مخلفات أخرى

المطر الحامض يُلجئ الضرر بالغابات  
وبالحياة البرية. وتُسبب هذا المطر غازات  
ثاني أكسيد الكبريت وأكاسيد النتروجين  
الناتجة عن احتراق الوقود المختلفة. هذه  
الغازات تذوب في قطرات الماء المُعلَّقة  
في الهواء الرطب؛ ثم تتساقط مطرًا أو ثلجًا  
حامضًا يُلجئ الضرر بالبيئة.



## النمو السكاني

لقد تزايد عدد سُكَّانِ الْعَالَمِ بِأَفْرَادٍ  
عَلَى مَدَى السَّنِينَ، وَيُتَوَقَّعُ أَنْ  
يَتضاعفَ جِلَالُ الـ ٤٠ سَنَةً  
القادمة. هذا المخطط يبيِّنُ الزيادة  
فِي عِدَدِ سُكَّانِ الْعَالَمِ، بِالْمِلايين،  
جِلَالُ الـ ١٠٠٠ سَنَةٍ الْماضية.  
وَيُلاحَظُ أَنَّهَا الْأَعْلَى فِي آسِيَا.







### الأنواعُ المُهَدَّدةُ بالإنقراض

تخبر من أنواع الحيوان، كالأنواع المصيدة أدناه، مهتد بالانقراض بسبب تدمير مواطنها الطبيعية والتلوث والصيد ومناقشة الأنواع الجبلية من نبات أخرى.

الحيوان	موطته	العدد الباقى منه
الجاموس الآسيوي	الهند ونيبال	٢٢٠٠
الببوزن الأوروبي	بولونيا	حوالي ١٠٠٠
القوريلا الجبني	رؤاذا (إفريقية)	٦٠٠
الفقمة الزاهية المتوسطة	النجر الأبيض المتوسط	٥٠٠
الدقيق المصري الصيني	الصين	٣٠٠
النمدا الصملاقي	الصين	٣٠٠
الكركي الشهاق	أمريكا الشمالية	٢٠٠
شئناس الطمارين الذهبي	أمريكا الجنوبية	٢٠٠
الخنزير البري القزم	آسام (بالهند)	١٠٠
الكركش الحاربي	جاوا (إندونيسيا)	٥٠
نبغاء كاكايو	نيوزيلندا	٥٠

مَسَالِكُ الْهَجْرَةِ وَمَدَاهَا

في أوقات محددة من السنة، تتنقل بعض الحيوانات من منطقة إلى أخرى -  
ويعرف هذا بالهجرة. وفيما يلي نعدّل الحسابات التي تقطعها هذه الحيوانات في  
هجرتها.





# تعريفات \*



\* الكلمات المطبوعة بحرف مائل ترد في مجادل مستقلة في هذا المصدر.

أ. لينة خلتية: لينة ثركانية خلتية السطح. (A B)

أكل الغشيب: أكل عشب.

أكل اللحم: أكل لاجم.

إشكال: أكل حش (كيمائي).

إبصار بالغينين: قدرة بعض الحيوانات على رؤية الأجسام مجسمة ثلاثة الأبعاد وبالتالي تقدير المسافات. (binocular vision)

إبراز: أكل شواء.

أجاج: محلول ملحي قوي (brine)

أجيج شمسي: شوط أو اندلاع إشعاعي تجري مفاجئ من الشمس. (solar flare)

أحادى الشفة: نبات زهرى غلوه الشفة ثمره ورقة البردة. (monocotyledon)

احتراق: تفاعل كيميائي شدة فيه المادة بالأكسجين نتيجة طاقة حرارية. (combustion)

احتكاك: قوة تبطئ أو توقف حركة سطح على آخر. (friction)

أحفورة: شمسحيرة، بقايا نبات أو حيوان متحجرة. (fossil)

اختزال: اكتساب المادة الهيدروجين أو فقدانها الأكسجين. وتوسيع هو اكتساب الذرة إلكترونات في تفاعل كيميائي. (reduction)

اختلاف المنظر: تفرق الأجسام ظاهرياً، بعضها بالنسبة لبعض، بفعل موقع المشاهد (تتفرق الأشجار القريبة ظاهرياً بالنسبة لتتال خلفها خلال تفرق الشاوي). (parallax)

اختصار: تخمير: عملية تحويل (أو تحول) السكريات النباتية إلى كحول وثاني أكسيد الكربون بواسطة الخمائر. (fermentation)

إخصاب: إحداء الأمشاج (الأعراس) الذكرية بالأمشاج الأنثوية. (fertilization)

إخصاب تجميعي: إخصاب (أو لقاح) النبات بأمشاج (أو أعراس) من نوع نباتي آخر. (cross-fertilization)

إمعا: أنظر لمص.

أقمة: شفة شديدة من الشبج الجلدي تحت البشرة. (dermis)

ألمة خارجية: أنظر بشرة.

إرتاج: لساق جبهة بارزة بأخرى داخلة. (occlusion)

أوتحال: أنظر هجرة.

أوتشاح: أنظر نتج.

إزاحة: تفاعل كيميائي يستبدل فيه أيون أو ذرة في جزيء بأيون أو ذرة أخرى. (displacement)

إزالة للملوحة: تكتلية: إزالة الملح من ماء البحر. (desalination)

الأس الهيدروجيني: أنظر هـ.

استنباب: استقرار داخلي: وسائل الحيوان يحفظ بيئته الداخلية (درجة الحرارة وضغط الدم والأيون الهيدروجيني لتوازن الجسم الخ) مستقرة. (homeostasis)

استحالة: أنظر تحول.

استراتيجرافية: علم طبقات الأرض: دراسة وتوصيف الطبقات الصخرية. (stratigraphy)

استقرب: طريقة فصل المزيج بإمراره خلال وسط معين - كورقة ترشيح مثلاً - أجزاء المزيج المختلفة تسري عبر الوسط بسرعات مختلفة أو هو طريقة لفصل مزيج من المذابات بانتشارها المتباين خلال وسط سائل. (chromatography)

استقرار داخلي: أنظر استنباب.

استقلالات بنياني: أنظر لبناني.

أشابة: خليط من فلز أو أكثر، أو من فلز ولافلز. (alloy)

إتباع: أنظر تتبع.

إثراء كهربائي: وخلان كهربائي: فصل الجسيمات المشحونة في مزيج. (electrophoresis)

إشعاع (١) موجة كهرومغناطيسية. (radiation)

(٢) تيار من الجسيمات المشحونة من مصدر ذي نشاط إشعاعي. (radiation)

(أنظر أيضاً: طيف كهرومغناطيسي).

إشعاع الخلفية (١) إشعاع خفيش الشدة تبعه مواد مشعة داخل الأرض وخواليها. (background radiation)

(٢) إشعاع فضائي شغري الأمواج لطة من بقايا الانفجار العظيم. (background radiation)

إشعاع بون الأحمر: نمط الإشعاع الكهرومغناطيسي الذي تبعه الأجسام الساخنة. (infrared radiation)

الإشعاعية: الفاعلية أو النشاط الإشعاعي: تفتت النوى في ذوات

انتشار أرموسي: أنظر «شأنج».

الانتقاء الضمني: أنظر «الانتخاب الإصطناعي».

انتقاص: انقراض: سلسلة تفاعلات كيميائية تفتت الخزيات الكبيرة في الكائنات الحية إلى جزيئات أصغر، وهذا يتيح طاقة. (catabolism)

انتقال (النشع): تفرق أو انتقال الموضع في أجزاء النبات. (translocation)

أنثراسيت: فحم صلب نقي يحدق نوعاً لهب أو شحني تقريئاً. (anthracite)

انحل - يتحلل: يتفكك أو يتحلل بفعل الحالات الخمسية. (decompose)

انحلال: أنظر تحلل.

إنقراض: أنظر «انقراض».

أنديست: صخر ثركاني بني أو زماردي دقيق الخبيبات. (andesite)

إنمجاخ نووي: تفاعل نووي تسبب فيه النوى الخفيفة (كالهيدروجين مثلاً) ليكوّن نواة أثقل ومطلقة طاقة. (nuclear fusion)

إنوسبيرم: شويده البردة: تسبب اختراق الغذاء في البردة. (endosperm)

الإنزياح الأحمر: انزياح الضوء (تسوء الطرف الأحمر اللطيف) من موجة تتحرك بعيداً عن الأرض. (red shift)

إنزيم: عطر في الكائنات الحية يزيد من سرعة التفاعلات في العمليات الكيميائية الطبيعية. (enzyme)

انشطاش نووي: تفاعل نووي تسبب فيه النواة إلى نواتج أصغر مطلقة طاقة. (nuclear fission)

إنضغاط (١) تضغط (في الأمواج الطولية كالصوت) يزيد من الضغط وكثافة الخزيات. (compression)

(٢) انضغاط: يزيد من كثافة المائع. (compression)

إنعراج: ختوذه: انتشار الأمواج تولد عند عبورها سطحاً ضيقاً. (diffraction)

إنعكاس: ارتداد الضوء أو الحرارة أو الصوت عن سطح شاذ. (reflection)

انعكاش داخلي: انعكاش بعض الضوء من حزمة أشعة ضوئية مارة من وسط كثيف (كالزجاج) إلى وسط أقل كثافة (كالماء). (internal reflection)

انعكاش قطبي: انعكاش اتحاد المجال المغناطيسي الأرضي. (polar reversal)

انعكاش هراوي: انعكاش ترد في موج الضوء عن السطح العاكس بالزاوية نفسها التي تسقط فيها. (specular reflection)

الانفجار العظيم: نظرية علمية أن الكون انبعاثاً من الانفجار. (Big Bang)

انقراض: انقراض: موت جميع الأفراد من كائن حي. (extinction)

انقسام الخلية: عملية تنشط فيها خلية واحدة لتنتج خليتين شبتان. (cell division)

الانقسام الخلية: انقسام الخلية حيث تقسم النواة لتنتج خليتين، كل واحدة منهما تحوي النواة من الصغيات (الكروموسومات) كالخلية الأم. (mitosis)

انقسام متفصص: انقسام الخلية الذي ينتج أربعة أمشاج (أعراس) في كل منها نصف عدد الكروموسومات (الشمبيات) الموجودة في الخلية الأمية. (meiosis)

انكسار: تفرق اتجاه الضوء عند مروره من وسط إلى آخر مختلف الكثافة (مثلاً من الهواء إلى الزجاج). (refraction)

أنود: قطب: الكاثود موجب. (anode)

أنودة: تغطية جسم فلزي بطبقة أكسيدية واقية رقيقة بالأكسدة. (anodizing)

أنيون: شاردة سالبة: أيون سالب الشحنة الكهربائية. (anion)

اهتزاز: تذبذبة: حركة تترجع ذرية (أهاتاً وإياتاً)، مثلاً الزلزلة تبعث سطح الأرض بهتراً والصوت يجعل الهواء يهتز (أو يتذبذب). (vibration)

أوزون: نظير للأكسجين يوجد في طبقات التمز العليا حيث يؤلف طبقة الأوزون. يحوي جزيء الأوزون ثلاث ذرات من الأكسجين. (ozone)

أوم (R): وحدة المقاومة الكهربائية (ساي) مقاومة موصل يمر فيه أمبير واحد حين فرق الجهد بين طرفيه ملط واحد. (ohm)

أوبلة: أنظر «بروتون».

إيسوبار: خط شواوي الضغط: خط على خريطة الطقس يوصل النقاط المتساوية ضغط الهواء (الضغط الجوي). (isobar)

إيسومير: زمير: شامبي: تفرق شامبي آخر في التركيب (يحوي الذرات نفسها) لكن بترتيب ذري مختلف. (isomer)

أش بنائي: استقلالات بنياني: سلسلة من التفاعلات الكيميائية في الكائنات الحية تنتج جزيئات كبيرة من آخر صغيرة. (anabolism)

المادة بصحة: ابتعاك الإشعاع. (radioactivity)

أشعة إكس: الأشعة السينية: تفرق من الإشعاع الكهرومغناطيسي أموليه أضر من الإشعاع فوق البنفسجي (وتردده أكثر). (X-rays)

أشعة جاما: نوع من الإشعاع الكهرومغناطيسي أطواله الموجية قصيرة جداً. (gamma rays)

الأشعة السينية: أنظر «أشعة إكس».

إصداء: ترجيع الصدى: ثلوع الصدى السابغ قبل لتنام الصوت الأصلي (فيديو أن الصوت استمر لفترة أطول). (reverberation)

أطراف: أنظر محيط.

إعادة التدوير: إعادة استخدام النفايات (بعد تعالجها) لتوفير الموارد. (recycling)

إعصار: زوبعة: منطقة ضغط منخفض تسودها رياح شديدة تبلغ سرعتها ١٢٠ كلم/ الساعة تدوم باتجاه فساد الحركة عترب ساعة في نصف الكرة الشمالي (وعكس ذلك في النصف الجنوبي). (cyclone)

إعصار عاري: عاصفة شامية عدارية هائلة تزيد سرعة الرياح فيها عن ١٢٠ كيلومتراً في الساعة. (hurricane)

إعصار مائي ذوامي: عموذ مائي يسقط تورتانو (إعصار ذوامي شعري) فوق مياه البحر. (waterspout)

إعصار مداري ذوامي: أنظر إعصار.

إعصار فضاء: أنظر فضاء الإعصار.

إف إم: أنظر «تصميم التردد».

إفراز: إطلاق (أو إطلاق) مواد شائعة من خلايا النبات والحيوان. (secretion)

إفراغ: إزالة الفضلات بمختلف الوسائل التي تقوم بها المتعضيات. (excretion)

أكسدة: تأكسد: اكتساب المادة أكسجيناً أو فقدها الهيدروجين أو فقدان الذرة إلكترونات في تفاعل كيميائي. (oxidation)

إكسوسفير: الغلاف (الجوي) الخارجي: الجزء الخارجي الأقصر من جو الأرض (حوالي ٩٠٠ كيلومتر فوق سطح الأرض). (exosphere)

أكسيد: مركب من عنصر مع الأكسجين. (oxide)

إكليل: طلاقة: هالة: طبقة الغازات الساخنة الخارجية المحيطة بالنسج. (corona)

التصاق: لاصق: قوة التجاذب بين ذرات أو جزيئات مادتين متخيلتين. (adhesion)

إلكترود: شري: قطب: قطعة من المعدن أو الكربون تبتغ أو لطلق الإلكترونيات في دائرة كهربائية. (electrode)

إلكتروسكوب: مكشاف كهربائي: جهاز يكشف عن وجود شحنة كهربائية. (electroscope)

إلكتروليت: أنظر محلول.

إلكترون: كهرباب: جسيم سالب الشحنة الكهربائية يدور حول النواة في كل أنواع الذرات. (electron)

أمبير: وحدة قياس شدة التيار الكهربائي. (ampere «amp»)

أمشاج: أنظر «مترج».

أمتير: جهاز قياس شدة التيار الكهربائي. (ammeter)

إنساني: فرد من فصيلة الرئيسات الشبيهة بالشمز ومنها الإنسان والقردة العليا. (hominid)

إنتاش: المراحل الأولى من نمو البردة (يُصبح لينة). (germination)

الانتخاب الإصطناعي: ابتقاء يُمكن الإنسان من تغيير التركيب الجيني لنوع معين من الكائنات. (artificial selection) (تقارب: بالانتخاب الطبيعي).

الانتخاب الطبيعي: طريقة الانتخاب بحيث إن الخصائص التي تساعد النوع على البقاء تفرق إلى الجيل التالي. (natural selection)

انتشار: امتزاج مادتين أو أكثر بفعل الحركة العشوائية للجزيئات. (diffusion)



**تفاعل ماص للحرارة:** تفاعل كيميائي يُمتص الحرارة خلاله من الوسط المحيط. (endothermic reaction)

**تفاعل متسلسل:** تفاعل يستمر تلقائياً - كالتفاعل النووي الانشطاري الذي ينتج نيوترونات تُسبب بدورها انشطار ذرات أخرى. (chain reaction)

**تفاعل نووي:** تفاعل يحدث في قواة الذرة. (nuclear reaction)

**تفاعلية، فاعلية:** قدرة المادة على الدخول في تفاعل كيميائي. (reactivity)

**التفجئ، التفكك:** توسع الشقوق في الصخور بفعل الهواء الممتص. (cavitation)

**تفريغ، تفريغ:** شريح (إطلاق) الطاقة المختزنة أو تحويلها. (discharge)

**تفكك - يتفكك:** أنظر «انحل».

**تفكك:** أنظر «تحلل».

**تقلو:** أنظر «قلوية».

**تقلو:** أنظر «قلوية».

**تقصير:** عملية يقل فيها السائل ويُفكك بخاراً - يُستخدم التقصير لفضل السوائل المشابة درجة الغليان أو لتنقية السائل نفسه. (distillation)

**التكاثر الجنسي:** التوالد الذي يتطلب على اتحاد خليج (عُرْم) ذكري وأنثى. (sexual reproduction)

**تكاثر لا جنسي:** تكاثر بغير واحد فقط (سائغ) في النبات والحيوانات الأمية. (asexual reproduction)

**تكاثف، تكثف:** تحول الغاز أو البخار إلى سائل. (condensation)

**تكافؤ:** عدد الروابط الكيميائية التي تستطيع الذرة إجراؤها مع ذرة أخرى. (valency)

**التكتونيات الصوحية:** دراسة الانجراف القاري واستياء قيعان البحار. (plate tectonics)

**تكثف:** أنظر «تكتاث».

**التكسير:** عملية تفتت الجزيئات (الصلبة) الكبيرة إلى آخر أصغر بالأحماض تحت الضغط. (cracking)

**التكثف:** أنظر «التقي».

**تكثف:** أنظر «تثايل».

**تلاصق:** أنظر «التصاق».

**تلوث:** مواد تُرشح أو تُستعمل الهواء أو الماء أو التربة والبيئة - كالتلوثات الكيميائية من المصانع مثلاً. (pollution)

**تعايش:** جاذبية التماسك بين جسيمات المادة نفسها. (cohesion)

**التخليق الضوئي:** أنظر «التخليق الضوئي».

**ت م ح:** تصميم شعار حاسوبية. (CAD)

**ظهوري:** اللون والعلامات والشكل الذي يُشابه الحيوان أو النبات على الاستمرار في بيئته. (camouflage)

**التناسل العذري:** التوالد أو التكاثر بدون تزاوج. (parthenogenesis)

**لتناضح، انتشال أزموسي:** انتقال الماء عبر غشاء ينفذ فقط من محلول خفيف التركيز إلى آخر عالي التركيز. (osmosis)

**الفلكي:** فلكيات قديم خركات النجوم والكواكب في حياة الإنسان. (astrology)

**التنفس:** عملية تأخذ بها الكائنات الحيّة الأكسجين وتستخدمه لتفكيك الطعام وتحليله مُنتجة ثاني أكسيد الكربون وطاقة. (respiration)

**التنفس الحيواني:** نوع من التنفس يتطلب وجود الأكسجين. (aerobic respiration)

**تنفس لاهوائي، تنفس لاهوائي:** نوع من التنفس لا يتطلب تواجد الأكسجين، وهو ينتج طاقة أقل من التنفس الهوائي. (anaerobic respiration)

**تثايل:** تكثف لقط التغيرات التي تطرأ على النبات أو الحيوان على مدى أجيال عديدة ليصبح أفضل مواءمة للبيئة في بيئة معينة. (adaptation)

**توازن:** أنظر «توازن».

**توازن، اتزان، تعادل:** حالة التوازن فيزيائي أو كيميائي. (equilibrium)

**توال:** أنظر «تعاقب».

**التوالد الجنسي:** أنظر «التكاثر الجنسي».

**التوتر السطحي:** ظاهرة يبدو بها سلع السائل وكأنه ذو غشاء مرن؛ وسبب ذلك قوى التماسك بين الجزيئات السطحية. (surface tension)

**توصيل:** نقل انتقال الحرارة أو الكهرباء عبر المادة. (conduction)

**توليف:** أنظر «تخليق».

**تيار حراري صاعد:** تيار فوام ساخن صاعد في الجو. (thermal)

**تيار كهربائي:** سريان الإلكترونات أو الأيونات. (electric current)

**تيار مستمر:** أنظر «تيار متناوب».

**تيار متناوب:** تيار كهربائي يعمل اتجاهه بانتظام على تزايد وتناقص. (alternating current)

**تيار مستقيم:** تيار كهربائي يسري في اتجاه واحد فقط. (direct current)

**تحول فاجي:** أنظر «طرفة».

**تحلل:** سائل على طول الموجة الطولية (كموجة الصوت) حيث ضغط الجزيئات وكثافتها خفيضان. (rarefaction) (فازن)

**الانضغاط:**

**تخليق، توليف، تركيب اصطناعي:** ابتناء جزيئات أكثر من الجزيئات أصغر أو ذرات. (synthesis)

**التخليق الضوئي، التمثيل الضوئي:** الطريقة التي يمتص بها النبات الغذاء من الماء وثاني أكسيد الكربون باستخدام طاقة الشمس. (photosynthesis)

**تحفر:** أنظر «اختمار».

**تحميم:** أنظر «اختمار».

**تداخل:** تشوش الإشعاعات الناتج من تفاعل موجتين أو أكثر. (interference)

**تذبذب هائي:** أنظر «ذوابة».

**ترابط كيميائي:** رابطة كيميائية يتم باشتراك الذرات في الإلكتروني أو أكثر. (covalent bond)

**تربين، تربينة، عثقة:** عثقة غاز يمتص متدفق (غير أرياشها) لدمر بدورها مولد كهربائي. (turbine)

**ترجيع الضوئي:** أنظر «إصداء».

**تردد، تواتر:** عدد الموجات التي تمر نقطة محددة في الثانية. (frequency)

**تردد عالٍ جدًا:** امواج راديوية ترددها بين 30 و 300 ميجاهرتز (أطولها من 10 أمتار إلى متر). (VHF)

**تردد فوق العالي:** امواج راديوية ترددها بين 300 و 3000 ميجاهرتز (أطولها من متر إلى 10 سم). (UHF)

**تركيب اصطناعي:** أنظر «تخليق».

**تركيز:** قياس لقوة المحلول في كمية المذاب في كمية معينة من المذيب. (concentration)

**التروبوبوز، منطقة الزكود (الشفاف):** الحد بين التروبوسفير (الغلاف الجوي السفلي) والستراتوسفير (الغلاف الجوي العلوي) حيث الطبقة الحرارية الثابتة تروغ. (tropopause)

**التروبوسفير:** الغلاف الجوي السفلي، طبقة الجو السفلي بين سطح الأرض والستراتوسفير (الغلاف الجوي العلوي) حيث تنخفض درجة الحرارة بالارتفاع؛ تُعطل شمسها 12 كيلومترًا. (troposphere)

**تسارع، عجلة:** مقدار تغير السرعة في وحدة الزمن. (acceleration)

**تساقط:** ما يتساقط من الجو خطراً أو ثلجاً أو برذاً. (precipitation)

**الشمسي، التصعد، التصعيد:** تحول المادة الجامدة من جامد إلى غاز مباشرة دون المرور بحالة السائلة. (sublimation)

**تشابك عصبي:** أنظر «تشبك».

**تشبع، إشباع:** حال المحلول عندما لا يمكن إذابة مزيد من المذاب فيه. (saturation)

**تشعيع، تعريض للإشعاع:** استخدام الإشعاع لحفظ الطعام. (irradiation)

**تصحري:** تحول إلى صحاري (أو تكون الصحاري). (desertification)

**تضريف:** أنظر «تفريغ».

**التصعد، التصعيد:** أنظر «الشمسي».

**التصوير التجميقي:** طريقة لتصوير الشيء عجمتها (أشكالها الأبعاد) على سطح مُستسط باستخدام ضوء الليزر المشطور. (holography)

**تحويل، نقل:** استخلاص مادة ذائبة من مزيج بإمرار مذيب في ذلك المزيج. (leaching)

**تضمين:** إرسال الإشارة بتغيير خصائص الموجة الراديوية (أي الموجة الحاملة). (modulation)

**تضمين التردد:** إف إم: إرسال الإشارة بتغيير تردد الموجة الحاملة - كموجة راديوية مثلاً. (FM)

**تضمين القدرة، تضمين الشدة:** نقل أو إرسال الإشارات بتغيير قوة الموجة الحاملة. (AM)

**تطهير:** أنظر «تطعيم».

**تطور - يتطور:** يخضع لعملية التطور أو التطوير. (evolve)

**التطور:** العمليات الدارجة التي بها نشأت الحياة وتطورت بالتغيرات المتتالية. (evolution)

**تطور متقارب:** تطور معالم وميزات متماثلة في أنواع مختلفة بسبب تعرضها لظروف بيئية متماثلة. (convergent evolution)

**تعادل - يتعادل:** أنظر «عادل».

**تعادل:** أنظر «توازن».

**تعاقب، توالي:** عملية التحول من نظام بيئي إلى آخر، مثلاً من غراحي شجيرة إلى غابات. (succession)

**تعريض للإشعاع:** أنظر «تشعيع».

**تعقم - يتعقم:** يتحول إلى عقم. (essify)

**تعقيم:** تطهير جفن الشيء خالياً من البكتيريا (التعقيم). (sterilization)

**تغير اللون بالضوء:** أنظر «تغير اللون بالضوء».

**تفاعل (كيميائي):** تفاعل يُنتج خصائص المادة الكيميائية أو يُنتج مادة جديدة. (reaction)

**أيض هضمي:** أنظر «إيتقاص».

**أيون، شاردة:** ذرة أو مجموعة ذرات فقدت أو اكتسبت إلكترونات واحداً أو أكثر ليصبح ذات شحنة كهربائية. (ion)

**الأيونوسفير، الغلاف الجوي المتأين:** القسم من الغلاف الجوي، على ارتفاع 50 إلى 100 كيلومتر عن سطح الأرض، الذي يعمل الأمواج الراديوية (اللاسلكية). (ionosphere)

**ب**

**باثوليت:** قبة من الصخور الناري تعلقت في كتلة جوفية ضخمة (batholith)

**بازلت:** صخر بُركاني رمادي داكن أو شورت. (basalt)

**بيروكسيماوي، مستحضر بيروكسيماوي:** مادة كيميائية تُحصّر من النفط أو من الغاز الطبيعي. (petrochemical)

**بثوميوني:** أنظر «قبري».

**برامجيات:** البرامج التي يستخدمها الحاسوب. (software)

**برج (فلكي):** أنظر «توكية».

**برخان:** كتلة زمل هلامي قلوي. (barchan)

**برنامج:** سلسلة من التعليمات المُشفرة (المُرشرة) لتشغيل الحاسوب. (program)

**بروتون:** أولي: جسيم في نواة الذرة يحمل شحنة كهربائية موجبة (وهو يترك النواة في ذرة الهيدروجين العادي). (proton)

**بروتين:** مادة غذائية يحتاجها الجسم للبناء والتصلب؛ توجد في الأطعمة كاللبن والحوم والخبز والحبوب البثلة (كالفاصولياء والفول واللوبيا). (protein)

**البشرة، التعقيم:** إحدا: الطعام لقتل البكتيريا أو الجراثيم المسببة للمرض فيه. (pasteurization)

**بشرة أدمة خارجية:** الطبقة الخارجية من الجلد. (epidermis)

**بطارية، مزم:** سلسلة من خلايا كهربائية أو أكثر تُنتج وتخزن الكهرباء. (battery)

**البقع الشمسية، قلف الشمس:** بقع على سطح الشمس (برق) منا حواليا قديم لكن منا حواليا. (sunspots)

**بقرية:** أنظر «جرونوم».

**بلازما (١):** محلول الدم، الجزء السائل من الدم. (plasma)

**(٢):** غاز حام مشحون بالكهرباء، الإلكترونات فيه متحررة من ذراتها. (plasma)

**بلنار، نباض كوني:** نجم كغلف. (pulsar)

**بلورة:** بنية مادية جامدة ذات شكل منتظم. (crystal)

**بوصلة ذوارة:** أنظر «جبروسكوب».

**بوليمر:** أنظر «مكثور».

**البياض:** قفط ما يمكنه جسم، بخاضة كوكبا أو قشرة من نور الشمس. (albedo)

**بين جليدي:** فترة قفص دافئ نسبياً بين فترتين جليديتين. (interglacial)

**البيولوجية:** أنظر «علم الحياة».

**بيئة:** المحيط أو الوسط الذي يتواجد فيه حيوان أو نبات. (environment)

**البيئيّات، علم البيئة:** دراسة العلاقات بين الكائنات وبيئتها. (ecology)

**ت**

**تابع:** أنظر «سائل».

**التاريخ الإشعاعي:** طريقة لتقدير عمر الأشياء بقياس نسبة النظائر المشعة التي اضمحلت فيها. (radioactive dating)

**تألف:** أنظر «أكسدة».

**تألق:** أنظر «قلوية».

**التبخّر، التبخر:** تحول أو تحويل السائل إلى بخار بانفلات الجزيئات من سطحه. (evaporation)

**تحات:** أنظر «عقد».

**تخريش:** أنظر «خف».

**تخلف، تفكك، إنحلال:**

(١) تحلل عضوي. (decomposition)

(٢) تفكيك أو تفكك الجزيئات الكبيرة إلى جزيئات أصغر. (decomposition)

**التحلل أو التمثيل الكهربائي:** أنظر «كثرة».

**تخلية:** أنظر «زالة الملوحة».

**التحليل الكمي:** تحديد التركيب النسبي لمكونات المادة موضع الاختبار. (quantitative analysis)

**التحليل الكهربائي:** أنظر «كثرة».

**التحليل النوعي:** لإيجاد مكونات المادة أو المركب موضع الاختبار. (qualitative analysis)

**تحول، إستحالة:** تغير أو تحول الشكل، مثلاً التحول من يتدوع إلى خابرة في تطور المشدرات. (metamorphosis)



## ح

**تَيَّازُ ثَلَاثُ:** تَيَّازُ قَوَائِي قُوِيٍّ يَدُوُّ حَوْلَ الْأَرْضِ (إِمْوَازَةُ خُطُوطٍ تَسَاوِي الضَّخْمِ) عَنِ ارْتِفَاعٍ قُرَابِي ٦ كِيلُومِترَاتٍ مِنْ سَطْحِهَا. (jet stream)

**تَيْفُون:** إِعْصَارٌ شَدِيدٌ فِي الْبَحْرِ الْهَادِي. (typhoon)

## ث

**الثَّابِتُ الشَّمْسِيُّ:** كَمِيَّةُ الطَّاقَةِ الْحَرَارِيَّةِ بَيْنَ الشَّمْسِ وَالسَّاقِطَةِ عَلَيْهَا بِسَاعَةِ فَاعِلَةٍ بَيْنَ سَطْحِ الْأَرْضِ (إِمْوَازُ ١٩٢٤). جُولُ/مِسمٌ فِي الثَّانِيَةِ - خَارِجُ الْوُجُوْءِ. (solar constant)

**ثَالِثُ شُغْلَاتِ الْأَدْيُوسِيْنِ:** مَرْكَزُتُ كِيْمَاوِيٌّ يَنْتَظِرُ الطَّاقَةَ فِي خَلَايَا الْبَنَاتِ وَالْحَيَوَانَاتِ. (ATP)

**ثَانِي شُغْلَاتِ الْأَدْيُوسِيْنِ:** مَرْكَزُتُ يَنْتَجُ عِنْدَمَا يَطْلُو ثَالِثُ شُغْلَاتِ الْأَدْيُوسِيْنِ طَاقَةً. (ADP)

**فِرْمُوسْتُور:** مُقَاوِمٌ حَرَارِيٌّ؛ خُطَاوِمٌ كِيْمَاوِيَّةٌ تَعْمَلُ مُقَاوِمَةً بِتَغْيِيرِ دَرَجَةِ الْحَرَارَةِ. (thermistor)

**فِرْمُوسْتَر:** الْغِلَافُ الْحَرَارِيٌّ الْقِسْمُ مِنْ جِوِّ الْأَرْضِ بَيْنَ الْمِرْمُوسْفَرِ (الْغِلَافِ الشَّرِيطِ) وَالْإَكْسُوسْفَرِ (الْغِلَافِ الْخَارِجِيِّ). (thermosphere)

**ثَغِيرَةٌ:** قُوِيَّةٌ؛ فَتْحَةٌ تَقِيَّةٌ فِي وَرَقَةٍ أَوْ سَائِلِ الْبَنَاتِ يَمُتُّ مِنْهَا تَيَّازُ لِنَاءٍ وَالْفَارَاتِ. (stoma)

**ثَقَبٌ أَسْوَدٌ:** جِرْمٌ عَالِي الْكَثَافَةِ جِدًّا فِي الْفَضَاءِ - جَانِبِيَّتُهُ مِنْ الشَّدَةِ بِحَيْثُ يَجْذِبُ أَيَّ شَيْءٍ خَوَالِيقِهِ حَتَّى الضَّوءَ - لَدَا يَمِدُّ أَسْوَدَ. (black hole)

**ثَقْل:** أَنْظَرُ «مُورَن».

## ج

**جَانِبِيَّةٌ (١):** قُوَّةُ الْجَذَابِ بَيْنَ ثَنَتَيْنِ. (gravity)

**(٢):** جَانِبِيَّةُ الْأَرْضِ الَّتِي تُشَدُّ عَلَيْهَا كُلُّ الْأَجْسَامِ فَتَكْبُثُهَا ثِقَالَةً أَوْ وَرْدًا. (gravity)

**جَبِيَّةٌ:** قَعْدَةٌ كَثِيَّةٌ قَائِمَةٌ مِنَ الْهَوَاءِ الْبَارِدِ أَوْ السَّالِجِ. (front)

**جَبِيَّةُ الْبَحْرِ:** إِحْدَى جُزْئِيَّاتٍ دَقِيقَةٍ فِي خَلَايَا الْبَنَاتِ الْخَضِرَاءِ تُحَوِي التَّيَّاسُومَ (الْكُلُورُوفِيلَ). (chloroplast)

**الْجَدُولُ الدَّوْرِي (لِلْعَنَاصِرِ):** جَدْوَلٌ يَجْمَعُ الْعَنَاصِرَ مُرْتَبَةً حَسَبَ أَعْدَادِهَا الذَّرَوِيَّةِ. (periodic table)

**جُولُوم:** عُنَى بِجَهْرِيٍّ أَحَادِيثُ الْخَلْقَةِ. وَهُوَ وَاجِدُ الْجَزَائِمِ أَوْ الْكُتُبِ. («bacterium «pl. bacteria»)

**جُزْءٌ:** طَائِعُ الصَّوْتِ؛ نَوْبَةُ الصَّوْتِ الْمُسِيْقِيِّ. (timbre)

**جُزْمٌ سَمَاوِيٌّ:** جِرْمٌ فَلَكيٌّ؛ جِسْمٌ طَبِيعِيٌّ فِي الْفَضَاءِ كَالْكَوْكَبِ أَوْ الْكَوْكَبِ. (celestial body)

**جُزْيَةٌ:** أَصْفَرُ وَجْدَةٍ مِنْ عُنْشٍ أَوْ مُزَكَّبٍ تَتَوَاعَدُ شَتَاتَةً. وَيَتَأَلَّفُ الْجُزْيَةُ مِنْ ذَرَّيْنِ مِنَ الْأَقَلِّ. (molecule)

**جُزْيَةٌ غَرَامِيَّةٌ:** أَنْظَرُ «مُول».

**جِسْمٌ فَضَاءِيٌّ:** هَذِهِ: يَرُونِي فِي الْعَمِ يَتَلِي الْجِسْمَ بِشَكْلِهِ الْأَجْسَامُ الْغَرَامِيَّةُ كَالْكَتْرِيَّةِ وَالْقُرُوسَاتِ. (antibody)

**جُسْجِيمٌ:** دَقِيقَةٌ (أَوْ جُسْجِيمَةٌ صَغِيرَةٌ جِدًّا) مِنْ اللَّادَةِ. (particle)

**جُسْجِيمٌ دَوْرِيٌّ:** جُسْجِيمٌ أَصْفَرٌ مِنَ الذَّرَّةِ كَالْهَيْدْرُوجَنِ أَوْ الْهِيْلِيُومِ (subatomic particle)

**جُسْجِيمٌ رِيْبِيٌّ:** أَنْظَرُ «رِيْبَاس».

**خَفَافٌ:** قَلْبُكُ: إِنْجِيْنُ الْأَنْظَرِ لِمَرَّةٍ مَرَّةً. (drought)

**خَفْلٌ - يَخْفُلُ:** يَنْتَشِفُ، يَخْفُلُ مَادَّةٌ لَمَّا قَدْ بَلَغَ لِنَاءُ مِنْهَا. (dessiccate)

**خَلِيَّةٌ أَسْوَدٌ:** خَلِيَّةٌ صَلْدَةٌ رَقِيْقَةٌ شَقَافَةٌ - بِخَاصَّةٍ عَلَى سَطْحِ خَرِيْقٍ. (black ice)

**جَمَاعَةٌ:** مَجْمُوعَةٌ (بَيِّنِيَّةٌ): جَمَاعَةٌ مِنَ النَّاسِ أَوْ الْحَيَوَانَاتِ تَعْمَلُ فِي الْمَوْقِعِ نَفْسٍ. (community)

**الْجَمْعَةُ النَّفْثِيَّةُ:** شَكْلٌ مِنَ الْإِنَائِيَّةِ وَالْأَعْضَاءِ الصَّغِيرَةِ تَحْمِلُ سَائِلَ النَّفْثِ مِنْ خَلَايَا الْجِسْمِ إِلَى مَجْرَى الْعَمِ. (lymphatic system)

**جِهَارَةٌ:** قِيَاسٌ خَمَمٍ أَوْ ارْتِفَاعٍ الصَّوْتِ. (volume)

**جِهَارٌ تُرْشِج:** أَنْظَرُ «تُرْشِج».

**جُهْدٌ:** مَجْهُودٌ؛ قُوَّةٌ لِيْزَلُ أَوْ تَسْلَمٌ لِتَحْرِيكِ بَقْلٍ. (effort)

**جُوٌّ:** طَبَقٌ الْغَازَاتِ الْمُحِيطَةِ بِكَوْكَبٍ. (atmosphere)

**جُول:** وَحْدَةُ طَاقَةٍ (= وَاحِدٌ ثَانِيَّةً). (joule)

**جِيروسكُوب:** بُوَصْلَةٌ دَوَّارَةٌ؛ دَوَّلَاتٌ شَرِيْقٌ الدَّوَّارِ يَطْلُو مَحْوَرُهُ يُشِيرُ إِلَى الْإِنْجَاءِ نَفْسِهِ مَا دَامَ دَوَّارًا. تُسْتَخْدَمُ الْبُوَصْلَةُ الْجِيروسكُوبِيَّةُ فِي بِلَاحَةِ الشُّلُوقِ وَالطَّائِرَاتِ. (gyroscope)

**جِيْنَةٌ:** قُوْرَّةٌ؛ خَرْدَةٌ مِنَ الْكُرُومُوسُومِ (الْعُنْيَنِ) يَخْتَلِفُ فِي صِفَتِهِ مُتَبَعَةً مِنْ جِنَاطِ الدَّرْدَةِ. (gene)

**الْجِيُومُورْفُولُوجِيَّةُ:** دَرَاسَةٌ شَكْلِ الْأَرْضِ وَتَضَارِيصِهَا وَتَغْيِيرِهَا. (geomorphology)

**حَالِيَّةٌ:** أَنْظَرُ «مُورَن».

**حَالٌ أَوْ مُثَلَّدٌ عُضْوِيٌّ:** تَشَعُّشٌ دَقِيقٌ كَالْمَكْرِيَّةِ يَلْكَثُ الْمَادَّةَ النَّبْتِيَّةَ. (decomposer)

**حَامِضٌ:** خُضْبٌ؛ مَرْكَزُتُ يَحْوِي الْهَيْدْرُوجِينَ يَنْحَلُّ فِي الْمَاءِ لِیُطْلِي أِيُونَاتِ الْهَيْدْرُوجَنِ. (acid)

**الْحَامِضُ النَّوْدِي الرَّيْبِي الْمُنْقُوضُ الْأَكْسِجِينُ:** أَنْظَرُ «ن».

**حَدٌّ:** تَحَدَاتٌ؛ تَاكَلٌ سَطْحِ الْأَرْضِ وَتَقْطَعُهُ نَتِيجَةُ لِتَأَثِّرَاتِ الطَّغْسِ وَالْمَاءِ وَالْجَلِيدِ. (erosion)

**حَدٌّ (طَبِيعِيٌّ):** لِتَحَدَاتِ السَّطْحِ بِفَعْلِ الصَّخُورِ الْمُحْصُولَةِ فِي الْجَلِيدِ أَوْ الْمَاءِ. (corrasion)

**حَدٌّ (كِيْمَاوِيٌّ):** انْتِكَالٌ؛ انْتِكَالُ سَطْحِ الْغِلْزِ كِيْمَاوِيَّةً. (corrosion)

**حَدٌّ:** تَحْرِيزٌ؛ تَوَلِيْسٌ تَيَّازُ كِيْمَاوِيَّةٌ يَنْجَالِي مَغْنَطِيسِيًّا مُتَغَيِّرًا. (induction)

**خَجْمٌ:** بِمَقْدَارِ الْخَبْرِ الَّذِي تَشْغُلُهُ الْمَادَّةُ أَوْ الْجِسْمُ. (volume)

**الْحَرَارَةُ الْكَامِنَةُ:** الْحَرَارَةُ اللَّازِمَةُ لِتَحْوِيلِ الْجَالِيدِ إِلَى سَائِلٍ أَوْ السَّائِلِ إِلَى غَازٍ مَوْجُودٌ تَغْيِيرٌ فِي دَرَجَةِ الْحَرَارَةِ. (latent heat)

**الْحَرَكَةُ الْبُرْأَوِيَّةُ: تَغْشَاتَانِ؛ الْحَرَكَةُ الْفَضَائِيَّةُ لِلْجُسْجِيمَاتِ الدَّقِيقَةِ فِي سَائِلٍ أَوْ غَازٍ بِسَبَبِ تَصَادُّمِ الْجُزْئِيَّاتِ تَعْصِيهَا بِمِ تَعْصِي. (Brownian movement)**

**خَفَافٌ:** مَادَّةٌ كِيْمَاوِيَّةٌ تُشَارِعُ التَّغَالُفَ الْكِيْمَاوِيَّ بِوَسَائِطِهَا دُونَ أَنْ يَنْفَرَّ عَلَيْهَا تَغْيِيرٌ فِي نَهَايَةِ التَّغَالُفِ - فِيهِ عَامِلٌ مُسَاعِدٌ لَفَطٍ. (catalyst)

**خَفَرَةٌ:** أَنْظَرُ «أَخْفَرَةٌ».

**خَلُوقٌ حَيَوِيَّةٌ:** أَنْظَرُ «مُورَن» حَيَوِيَّةً.

**خَفَّةٌ (ج-خَمَاتٌ):** أَنْظَرُ «مُورَن».

**خَفَرِيٌّ:** أَنْظَرُ «مُورَن».

**خَفْضٌ:** أَنْظَرُ «حَافِضٌ».

**الْخَفْلُ (الْحَرَارِيٌّ):** انْتِقَالُ الْحَرَارَةِ فِي مَائَةٍ بِوَابِطَةِ التَّيَّارَاتِ دَاخِلِ الْمَائَةِ. (convection)

**الْحِجْلُ الْأَجْرُ:** الْمَغْدَالُ (مِثْلًا سَائِلٌ مُضَامِي) الَّتِي تَحْمِلُهَا الْعَرَبَةُ الْفَضَائِيَّةُ إِلَى الْفَضَاءِ. (payload)

**خَفْلٌ عَالَمِيٌّ:** تَشَخُّرٌ حَوْلَ الْأَرْضِ بِتَأَثِيرِ ظَاهِرَةِ الدَّقِيقَاتِ. (global warming)

**خَوِصِلَةٌ خَطِيئَةٌ:** كِيْسَةٌ خَطِيئَةٌ؛ خَلِيَّةٌ لَاصِقَةٌ يَطْلُو مِنْهَا خَيْبَةٌ مُثَلَّلَةٌ طَوِيلٌ كَمَا فِي شَتْلِيكِ الْبَحْرِ. (nematocyst)

**خَوِصِلَةٌ رَوْنَوِيَّةٌ:** إِحْدَى الْكِيْسَاتِ الْهَرَامِيَّةِ الْحَقِيقَةِ الْكَثِيرَةِ الْعَدَدِ فِي الرَوْتِ. («alveolus «pl. alveoli»)

**خَيْبٌ - يَخْبِي:** أَنْظَرُ «عَاقِلٌ».

**خَمِيْمَةٌ:** أَنْظَرُ «فَيْتَامِيْن».

**خَيَوَانٌ فَلَكَائِيٌّ:** أَنْظَرُ «فَلَكَائِيٌّ».

**خَيَوَانٌ لَيْلِيٌّ شَامِطٌ:** أَنْظَرُ «لَيْلِيٌّ».

**خَيَوَانٌ:** أَنْظَرُ «إِنْعَرَج».

**خَيَومٌ:** يَطْلُو بِبَيْتٍ كَبِيرٍ - مِثْلًا عَايَةُ مَنَارَةٍ أَوْ خَضِرَاءٍ. (biome)

**خَيَوِيٌّ:** الْقَوْلُودَةُ تُشَبِّهُهُ الشَّطَطِيَّاتُ. (biogenic)

**خَيَرِيٌّ:** مَجْهَرِيٌّ؛ أَنْظَرُ «مُتَعَشِّشٌ صُغْرِيٌّ».

## خ

**الْخَاصَّةُ الشَّعْرِيَّةُ:** أَنْظَرُ «شَعْرِيَّة».

**خَامٌ:** وَكَانَ: خَصْرٌ طَبِيعِيٌّ يُسَكَّنُ اسْتِخْرَاجُ الْوِلْدَانِ مِنْهُ. (ore)

**الْخَرَاطِطِيَّاتُ:** عِلْمٌ زَرْهُ الْخَرَاطِطِ. (cartography)

**خَرَجٌ:** مَخْرُجٌ؛ الْمَعْلُومَاتُ الْمَحْصُولَةُ مِنَ الْحَاسُوبِ. (output)

**الْخَرَزْفَاتُ:** أَشْيَاءٌ مَخْصُوعَةٌ مِنَ الطِّينِ أَوْ الطِّينِيِّ وَتَشَوِيَّةٌ فِي الْوَرْدِ. (ceramics)

**خُسُوفٌ أَوْ كُسُوفٌ:** خَفْلٌ جِرْمٌ فَلَكيٌّ يَطْلُو جِرْمٌ آخَرُ. (eclipse)

(أَنْظَرُ «خُسُوفٌ الْفَلَكِيٌّ» وَ «خُسُوفٌ الشَّمْسِي».)

**خُسُوفُ الْفَلَكِ:** لَحُولُ الْفَلَكِ فِي جِلِّ الْأَرْضِ فَلَا يَرَى. (lunar eclipse)

**خُشْبِيٌّ:** أَنْظَرُ «شَبِيحٌ خُشْبِيٌّ».

**خُشْبِيْنٌ:** أَنْظَرُ «لِيْمُونِيْن».

**خُضْبٌ:** خُضَابٌ؛ مَادَّةٌ كَثِيبَةٌ الْوَادُ لَوْنًا لَتَقْطَعُهَا بِخِلَافِ الشَّمِيعِ لَا تَذَوُبُ فِيهَا. (pigment)

**خُطُّ الْإِسْتِوَاءِ:** خُطٌّ وَهَسِيٌّ حَوْلَ وَسَطِ الْأَرْضِ بَيْنَ الْقُطْبَيْنِ الشَّمَالِيِّ وَالْجَنُوبِيِّ عَلَى تَعَمُّ قُتْبَانِ مِنْ كِلَيْهِمَا. (Equator)

**خُطُّ تَسَاوِيِ الرَّجْعَةِ (أَوْ الزَّلْزَلَةِ):** خُطٌّ عَلَى خَرِيطَةٍ يَمِيزُ الْمَوَاقِعَ الَّتِي تَسَاوَتْ (أَوْ تَتَسَاوَى) فِيهَا رَجْعَةٌ أَوْ شِدَّةُ الزَّلْزَلِ. (isoseism)

**خُطُّ تَسَاوِيِ الضَّغْطَةِ:** أَنْظَرُ «إِسُوْبَار».

**خُطُّ الطُّولِ:** قُوسٌ الطُّولِ؛ قِيَاسٌ لِمَسَافَةِ حَوْلِ الْأَرْضِ بِالْذَّرَجَاتِ. خُطُّ الطُّولِ مِنْ خُطُوطِ (أَوَاقُوسِ) وَهَسِيٌّ يُرْسَمُ عَلَى سَطْحِ الْأَرْضِ بَيْنَ الْقُطْبَيْنِ. خُطُّ الْمَاءِ مَجْهَرِيَّتِيًّا لَعَدَةً (وَدَرْجَتُهُ) سَفَرٌ. (longitude)

**خُطُّ الْعَرْضِ:** عَرْضٌ (جُغْرَافِيٌّ): قِيَاسٌ الْبَعْدِ مِنْ خُطِّ الْإِسْتِوَاءِ. (°-°)

**الْخُطُوطُ:** وَهَسَرٌ لَخُطِّ الْإِسْتِوَاءِ. خُطُوطُ الْعَرْضِ مِنْ خُطُوطٍ وَهَسِيَّةٍ تُرْسَمُ حَوْلَ الْأَرْضِ شَرَاذِيَةً لَخُطِّ الْإِسْتِوَاءِ. (latitude)

**خُطُوطُ فَرَاوْنُهُولِر:** خُطُوطٌ شَدِيدَةٌ فِي الطَّبَقِ الشَّمْسِيِّ شَبَّهَا انْتِصَاعٌ خَاصَرٌ فِي غَارَاتِ الشَّمْسِ لِأَطْوَالِ تَوَجُّعٍ مُتَعَمِّدٍ مِنْ الصُّورِ. (Fraunhofer lines)

**خُطُوطُ:** أَنْظَرُ «مُورَن».

**خَلِيَّةٌ (١):** أَصْغَرُ وَحْدَةٍ فِي التَّعْشُّقِ ذَاتُ كِبَارٍ حَيَوِيٍّ قَائِمٌ بِنَاتِيهِ. (cell)

**(٢):** نَيْطَةٌ قَطَامَتِيَّةٌ تُنْتِجُ الْكِيْمَاوِيَّاتِ بِالتَّغْيِيرَاتِ الْكِيْمَاوِيَّةِ. (cell)

**خَلِيَّةٌ بِدَائِيَّةُ النَّوَّةِ:** خَلِيَّةٌ لَا نَوَّاةَ (مُتَغَيَّرَةٌ) فِيهَا. (prokaryotic cell)

**خَلِيَّةٌ ثَنَائِيَّةُ الصِّغْفَاتِ:** أَنْظَرُ «خَلِيَّةٌ صِغْفَلَتِيَّة».

**خَلِيَّةٌ جِنْسِيَّةٌ:** أَنْظَرُ «نُطْفِيَّة».

**خَلِيَّةٌ حَقِيقَتِيَّةُ النَّوَّةِ:** خَلِيَّةٌ ذَاتُ نَوَّاةٍ. (eukaryotic cell) (قَارِنُ «خَلِيَّةٌ بِدَائِيَّةُ النَّوَّة».)

**خَلِيَّةٌ صِغْفَلَتِيَّةٌ:** خَلِيَّةٌ ذَاتُ جَمْعٍ عَرَبِيٍّ كَامِلَتَيْنِ مِنَ الصِّغْفَاتِ (الْكُرُومُوسُومَاتِ). (diploid cell)

**خَلِيَّةٌ قُرْبَانِيَّةُ (الصِّغْفَاتِ):** خَلِيَّةٌ ذَاتُ مَجْمُوعَةٍ أَصْلَابِيَّةٍ (مُزَوَّجَةٍ) مِنْ الْكُرُومُوسُومَاتِ (الصِّغْفَاتِ). (haploid cell)

**خَلِيَّةٌ لُطْفَانِيَّةٌ:** أَنْظَرُ «خَلِيَّةٌ (٢)».

**خَلِيَّةٌ (خَبْرٌ):** صُورِيَّةٌ؛ نَيْطَةٌ الْإِكْتِرَوِيَّةُ تَوَلَّدُ الْكِيْمَاوِيَّاتِ عِنْدَ سُقُوطِ ضَوْوءٍ عَلَيْهَا (كَمَا الْعَايَةِ الَّتِي تَعْمَلُ بِالْقُدْرَةِ الشَّمْسِيَّةِ). (photo cell)

**خَلِيَّةٌ لَقِطَةٌ:** أَنْظَرُ «مِلَاوِيَّة».

**خَلِيُونٌ:** أَنْظَرُ «سَلْبُولُون».

**خَوَاءٌ:** أَنْظَرُ «فَرَاغٌ».

**خُوطٌ:** خَيْطٌ قَلْبَرِيٌّ؛ أَهْذُ الْخَيْوطِ الدَّقِيقَةِ الَّتِي تَوَلَّدُ الْجِسْمَ الرَّيْبِيَّ (hypha)

**الْخَيْمِيَّةُ:** عِلْمُ الْكِيْمَاوِيَّةِ الْقَدِيمَةِ الَّتِي اسْتَهْدَفَ بِشَكْلِ خَاصٍ تَحْوِيلَ الْعَايِنِ الرَّيْبِيَّةِ كَالرَّصَاصِ إِلَى دَقِيبٍ. (alchemy)

## د

**دَا - يَدُوُّ (فِي تَمَارٍ):** أَنْظَرُ «دَار».

**دَارَةٌ:** دَائِرَةٌ كِيْمَاوِيَّةٌ؛ صَبَّازٌ يُكَبِّرُ أَنْ يَدُوُّ قَبْلَهُ تَيَّازُ كِيْمَاوِيَّةٍ. (circuit)

**دَارَةٌ تَعْمَلَكِيَّةٌ أَوْ مُثَلَّةٌ:** دَارَةٌ كِيْمَاوِيَّةٌ دَقِيقَةٌ تَتَأَلَّفُ مِنْ مَقْزُومَاتٍ لِيْبِيَّةٍ فِي رِثَاقَتِهَا بِسَلْبُولِيَّةٍ. (integrated circuit)

**دَارِعًا (١):** لَحْلُولٌ مُقَاوِمٌ لِلتَّغْيِيرَاتِ فِي الْأَلْتِ الْهَيْدْرُوجِينِيِّ. (buffer)

**(٢):** دَارِعَةٌ كِيْمَاوِيَّةٌ تُسْتَخْدَمُ لِوَسْلِ دَاوَتَيْنِ أَوْ تَرْتِيْنِ. (buffer)

**دَائِرَةُ الْفُرُوجِ:** مَنَظَلَةُ الْفُرُوجِ؛ التَّوَكُّيَاتُ (أَوْ الْفُرُوجُ) الْإِتْمَا عَشْرَةٌ الَّتِي تُرَى فِي السَّمَاءِ. (Zodiac)

**دَائِرَةُ عَرَبِيَّانَتَهُ:** أَنْظَرُ «دَارَةٌ».

**دَائِيُونُ:** صَمَامٌ ثَنَائِيٌّ؛ نَيْطَةٌ الْإِكْتِرَوِيَّةُ فِي جِهَازٍ، سَتَشْفِقُ بِقُرُورِ الْكِيْمَاوِيَّاتِ فِي التَّجَاوِ وَاجِبٌ لَفَطٍ. (diode)

**الدَّقَارَةُ:** طَبَقَةٌ ثَخِيْبَةٌ صَخْرِيَّةٌ كَثِيبَةٌ تَحْتَ الْقِشْرِ الْأَرْضِيَّةِ. (mantle)

**دَقْلٌ:** مَقْلُوحٌ؛ الْمَغْلُوبَاتُ أَوْ الْمَعْلُومَاتُ الَّتِي تُغَادِي بِهَا الْحَاسُوبُ. (input)

**دَقْلٌ:** يُطْلَقُ أَيْضًا عَلَى الدَّخْلِ فِي أَيِّ شَيْءٍ.

**دَرَجَةُ الْحَرَارَةِ:** مَقْيَاسٌ لِشَدَّةِ الشَّيْءِ أَوْ بُرُودَتِهِ النَّسْبِيَّةِ. (temperature)

**دَرَجَةُ الْغَلْيَانِ:** أَنْظَرُ «مُقَمَّةُ الْغَلْيَان».

**دَرَجَةُ النَّفْثِ:** طَبَقَةُ الصَّوْتِ؛ خَاصَّةً الصَّوْتِ الَّتِي تَنْجَعُهُ عَالِي الْجَمَّةِ أَوْ خَفِيفِهَا. (pitch)

**دُرُوكٌ حَيَوِيَّةٌ:** سَبِيَّةٌ لِلْمَادَةِ الَّتِي تُشَدُّ فَتَصْبَحُ عَدِيمَةً الْأَدَى طَبِيعِيًّا. (biodegradable)

**دَقْعٌ رَافِعٌ:** دَقْعٌ قَلْبِيٌّ؛ قُوَّةٌ دَقْعُ الْمَائَةِ إِلَى أَعْلَى عَلَى جِسْمٍ مُعْبَرٍ فِيهِ (كَلْبٌ أَوْ جَرِيَّةٌ). (upthrust)

**دَقْعٌ نَاقُورِيٌّ:** أَنْظَرُ «نَدْعُ نَقَات».

**دَقْعٌ نَقَاتٌ:** نَدْعُ الْمَكَّةِ إِلَى الْأَمَامِ بِإِنْدِغَاعِ تَيَّازٍ مَائَةٍ إِلَى الْخَلْفِ. (jet propulsion)

**دَلِيلُ الْإِنْتِكَاسِ:** أَنْظَرُ «شُعَاعِيْنُ الْإِنْتِكَاس».

**دَلِيلُ (كِيْمَاوِيٌّ):** أَنْظَرُ «كَاتِيْف».

**د ن، الْحَامِضُ النَّوْدِي الرَّيْبِي الْمُنْقُوضُ الْأَكْسِجِينُ:** الْمَادَّةُ الْكِيْمَاوِيَّةُ الَّتِي تَوَلَّدُ الطَّبَقَاتِ وَتَوَجُّعُ فِي جَمِيعِ الْخَلَايَا. بِإِمْطَاعَةٍ دُونَ نَافِثَةٍ قَبْلَهُ تَنْجَلُ الْعِلْمُورَاتِ الْوَرَاثِيَّةِ (الْجِيْنَةُ) مِنَ الْوَالِدِ إِلَى الْوَلَدِ. (DNA)

**دِيْنَمُو (دِيْنَامُو):** مُوَلَّدٌ (كِيْمَاوِيٌّ): مُوَلَّدٌ يُنْتِجُ تَيَّازًا (كِيْمَاوِيًّا) مُسْتَعْمِلًا. (dynamo)

**دَوَاءٌ تَوَقِيْعِيٌّ:** أَنْظَرُ «مَقْل».

**دَوْرَةُ الْكَبْرِيُونِ:** دَوْرَةُ الْكَبْرِيُونِ (الْمُرْجُورِ فِي ثَانِي أَكْسِيدِ الْكَبْرِيُونِ) مِنْ الْوَلَدِ إِلَى الْبَنَاتِ (مُحْشَاةً فِي الْكُرُومُوسُومَاتِ بِالتَّخْلِيْقِ الْعُنْيُونِيَّةِ) إِلَى الْحَيَوَانَاتِ (الَّتِي تَأْكُلُ الْبَنَاتِ) ثُمَّ إِلَى الْجِيُوْ (بِالْطَّبَقِ وَالْإِنْتِكَاسِ). (carbon cycle)

**نُويٌّ جِنَاطِ الصَّوْتِ:** فَرَقْعَةٌ صَوْتِيَّةٌ؛ نُويٌّ اخْتِرَاقٌ جِنَاطِ الصَّوْتِ تَحْدَثُهُ الْأَوَاقِعُ الصَّوْتِيَّةُ الْمُبْتَعَدَةُ مِنْ جِسْمٍ تَتَجَاوَزُ سُرْعَةَ مَرَقَةِ الصَّوْتِ. (sonic boom)



ديسبيل: وحدة قياس جهازة الصوت. (decibel)

## تعريفات

ريوستات، مقاومة متغيرة، ثابتة التيار، مقاومة يمكن تغيير مقاومتها. (rheostat)

## ز

ذاتي الإغناء: نبات يقوم بملئه غذائه بنفسه في عملية التخليق الضوئي. (autotrophic)

ذاكرة قرارة فقط: ذاكرة الحاسوب حيث لا تُحذف المعلومات المُستَخدَمة - لكن هذه المعلومات تُحذف عند قفل الحاسوب. (RAM)

الذاتية: أنظر «المثالي».

ذائبة: أنظر «مذابة».

ذرة: أصغر جزء من العنصر يتي خصائص ذلك العنصر. تتألف الذرة من نواة، تضم بروتونات ونيوترونات، ويحيط بها إلكترونات مُدَوَّمة. (atom)

ذرة: أنظر «شعاع».

ذو فلتين: نبات زهرى من ذوات الفلقتين. (dicotyledon)

ذؤابة: تذبذب هائل، سحابة من الغاز والغبار تُصيَّب بمركز للذئب. (coma)

ذوبانية، ذوبية: قدرة المذاب (المادة الذائبة) على الذوبان. (solubility)

## ر

رابطة: التجاذب بين الذرات أو الأيونات الذي يُلصِّقها معًا في بؤرة أو جزيء. (bond)

رابطة أيونية: ترائب كيميائي يُلصِّق بانتقال الإلكترون أو أكثر من ذرة إلى أخرى مما يُلصِّق عنه تتكوَّن أيونين شحنتي الشحنة يجذب أحدهما الآخر. (ionic bond)

رابطة فلزية: ترائب بين ذرتي فلزّين، فتدور إلكترونات الفلزّ بحُرِّية حول الذراتين. (metallic bond)

رابطة كيميائية: أنظر «رابطة».

رافار: الكتف وتحدية لدى الراديوبي - وسيلة لكتف الأشياء (العمدة) بإرسال أمواج راديوية والقاطب أصدائها. (radar)

راسية: رُسابة: جسميات جامدة دقيقة في سائل (شبكة لتفاهل كيميائي) تتخفّف في القاع. (precipitate)

رائد فضاء: شخص مُدَبَّر ككائن أفراد طاقم سفينة فضائية. (astronaut)

رباط: رباط قصير من نسيج خرون (قابل للتمُّد) يُلصِّق العظام والفاصل نفا. (ligament)

رجم، حجر نيزكي: قطعة من الصخر أو المعين المرئي تسفل جوف الأرض ويُلصِّق دون أن يحترق بالكامل. (meteorite)

رِحْلان كيرباني: أنظر «إشارة كيرباني».

رِحْلان: مغفر: سائل خلو يُوجد في زهار بعض النباتات. (nectar)

رِد فعل: ثورة تساوي أخرى في المقادير وتُضادها في الاتجاه، يُكَلِّف يقَر رِد فعل مُساوٍ له في المقادير وتُضادها له في الاتجاه. (reaction)

رُسابة: أنظر «راسية».

رطوبة: كمية بخار الماء في الهواء. (humidity)

الرُغامي، القصبة الهوائية: الأنبوب الرئيسي الذي يحمل الهواء إلى (ويصل الرئتين). (trachea)

رفع: قوَّة دافع من أسفل إلى أعلى تشج من قوتي سرعة الهواء وضغطه عن سطحي الصباكين العلوي والسفلي في الطائرة. (lift)

الرقم الهيدروجيني: أنظر «الأس الهيدروجيني».

رقن: تمثيل كتلة بلاسترات كهربائية تشير إلى حجم وشغل: فلز أو قمت. (digital) ثابت «نظير».

رعاز: أنظر «خام».

رعاء المالح: شعور وانقراض تخلفها للتلبي. (moraine)

رَم، ذاكرة قرارة فقط: ذاكرة حاسوبية تخزن المعلومات الدائمة بحيث يمكن استعادتها ولا يُمكن تغييرها. (ROM)

رغام، كائن وقام: فُغص، كالقُطر أو اليكتريا، يعيش على المادة الميتة أو المُتلفة المُتخسفة. (saprophyte)

وتن: إنسان يُطوِّد الجسم المُهتر عندما تتوافق اهتزازاته مع تردد الطبيعي. (resonance)

روبوت: كُنْة حاسوبية تتكلم تعمل بتأطيل. (robot)

رياء شرم: خليج هُطَل يُلصِّق من قُضبان أو أنهار وادي النهر. (rin)

الرياح التجارية: رياح تُهب بانتظام نحو خط الاستواء من الشمال الشرقي والجنوب الشرقي. (trade winds)

الرياح الشرقية: رياح رئيسية تهب من الشرق. (Easterlies)

الرياح الغربية: رياح رئيسية تهب من الغرب. (Westerlies)

ريباسية، جسيم ريبسي: أجسام كروية دقيقة في هَيُول (سيتوبلازم) الخلايا تُصنِّع فيها الريبوسومات. (ribosome)

ريخ ذؤابية: أنظر «رُوسمة».

ريخ موسمي: ريخ قوي يتغير اتجاهها موسميًا، تحول معها غطرا غزيرا من البحر إلى مناطق كالهند وبنغلادش. (monsoon)

## ش

شاردة: أنظر «أيون».

شاردة سائلة: أنظر «شؤون».

شاردة فوجية: أنظر «مكتيون».

شام: ضفري: أنظر «رُوس».

شبكة غذائية: منظومة السلاسل الغذائية في نظام بيئي. (food web)

شِبْة القل: قليل (قل جزمي)، مضاطة حول ظل القمر (أو الأرض) عند الكسوف (أو الخسوف). (penumbra)

شِبْة مُوضِل: مادة مُقاومة وسط بين الموصل والعازل. (semiconductor)

الشبكة الهَيُولية الباطنة: منظومة من الأغشية في خلية تحري فوقها التفاعلات الكيميائية. (endoplasmic reticulum)

شُرم: أنظر «رياء».

شريان: وعاء دموي يحمل الدم من القلب إلى أجزاء أخرى من الجسم. (artery)

شغرية، الخاصة الشعرية: حركة السائل مشعرا أو تُوَلِّد في أنبوب، فعل التجاذب بين جزيء به وخريبات الأبوب. (capillary action)

أو «capillarity»

شُعيري، وعاء شعري: وعاء دموي دقيق يحول الدم من الخلايا والنبات. (capillary)

شفء: شفائي: شبه شفاف يسمح لبعض الضوء بالمرور، لكن لا تُرى الأشياء جليَّة غيَّر. (translucent)

شفاء: يسمح بمرور كل الضوء تقريبًا بحيث تُرى الأشياء غيَّر. (transparent)

شغل تاصلي أو مُتاصل: أشكال شبيهة بالغير تلبس - بتل الأنماط والعرايف كالتكامل مُتصلة للمركون. (allotrope)

شهاب: أنظر «مُثلَّك».

شواط (شُمس): كتلة من الغاز المُتَوَجَّع المُتَلَقِّع من الشمس بعيدا في الفضاء. (prominence)

## ص

صاعدة (عُورلة): أنظر «شؤون».

صباغ: أنظر «صبغ».

صبة، قالب مضبوطة: تحويل صخري تتشكَّل حول حيوان أو نبات لم تتصلب فيه الدمور وتصلبت بعد تطفله كقوَّة أحفورة. (cast)

صبغ، صباغ، صبغة: مادة تُؤَلِّق بها المواد. (dye)

صبغ مُرشح: صبغ يحتاج إلى مُرشح لثبته. (mordant dye)

صبغة: أنظر «صبغ».

صبيغي: أنظر «كروموسوم».

صُغْر مُكَافِئ المُطْعَم: طبق شُغْرٍ بحيث يجمع الأمواج الصوتية أو الكهرمغناطيسية ويُركَّزها. (parabolic dish)

صُغْر إنساني: أنظر «لاكوليث».

صُغْر بُركاني: أنظر «صُغْر ناري».

صُغْر نُحُولِي (أو نُحُولِي): صُغْر تُحوَّل في باطن الأرض بفعل الحرارة والضغط الشديدتين. (metamorphic rock)

صُغْر ناري، صُغْر بُركاني: صُغْر تُكوَّن بِمُروء الشهباء وتُحلبها. (igneous rock)

صُغْر رُوسِيَّة: صُغْر تُكوَّن بِمُروء مُتَاب من المادة إلى قاع البحر، أو البحرية، مُؤَلَّفة طبقات تتلخَّج معًا على مدى الزمن. (sedimentary rocks)

صُغْر: الصوت مُستَع ثابته بالانعكاس مُوَحَّاة عن جسم مُطَب. (echo)

صُغْر: تضاع أو قَلَق في القشرة (قشرة الأرض). (fault)

الصُغْر المُطَلَق: درجة الصُغْر المُطلَق هي أدنى درجة حرارة مُمكنة = صُغْر مُكَلَّن أو -273.15°س. (absolute zero)

صُغْر - مُصَنَّع: يُصَنَّع مُرَبَّعا من جامد وسائل بِمُروء الحامد يُرَبَّع

صُغْر: تضاع أو قَلَق في القشرة (قشرة الأرض). (fault)

الصُغْر المُطَلَق: درجة الصُغْر المُطلَق هي أدنى درجة حرارة مُمكنة = صُغْر مُكَلَّن أو -273.15°س. (absolute zero)

صُغْر - مُصَنَّع: يُصَنَّع مُرَبَّعا من جامد وسائل بِمُروء الحامد يُرَبَّع

صُغْر: تضاع أو قَلَق في القشرة (قشرة الأرض). (fault)

الصُغْر المُطَلَق: درجة الصُغْر المُطلَق هي أدنى درجة حرارة مُمكنة = صُغْر مُكَلَّن أو -273.15°س. (absolute zero)

صُغْر - مُصَنَّع: يُصَنَّع مُرَبَّعا من جامد وسائل بِمُروء الحامد يُرَبَّع

صُغْر: تضاع أو قَلَق في القشرة (قشرة الأرض). (fault)

الصُغْر المُطَلَق: درجة الصُغْر المُطلَق هي أدنى درجة حرارة مُمكنة = صُغْر مُكَلَّن أو -273.15°س. (absolute zero)

صُغْر - مُصَنَّع: يُصَنَّع مُرَبَّعا من جامد وسائل بِمُروء الحامد يُرَبَّع

صُغْر: تضاع أو قَلَق في القشرة (قشرة الأرض). (fault)

الصُغْر المُطَلَق: درجة الصُغْر المُطلَق هي أدنى درجة حرارة مُمكنة = صُغْر مُكَلَّن أو -273.15°س. (absolute zero)

صُغْر - مُصَنَّع: يُصَنَّع مُرَبَّعا من جامد وسائل بِمُروء الحامد يُرَبَّع

صُغْر: تضاع أو قَلَق في القشرة (قشرة الأرض). (fault)

الصُغْر المُطَلَق: درجة الصُغْر المُطلَق هي أدنى درجة حرارة مُمكنة = صُغْر مُكَلَّن أو -273.15°س. (absolute zero)

صُغْر - مُصَنَّع: يُصَنَّع مُرَبَّعا من جامد وسائل بِمُروء الحامد يُرَبَّع

صُغْر: تضاع أو قَلَق في القشرة (قشرة الأرض). (fault)

الصُغْر المُطَلَق: درجة الصُغْر المُطلَق هي أدنى درجة حرارة مُمكنة = صُغْر مُكَلَّن أو -273.15°س. (absolute zero)

صُغْر - مُصَنَّع: يُصَنَّع مُرَبَّعا من جامد وسائل بِمُروء الحامد يُرَبَّع

صُغْر: تضاع أو قَلَق في القشرة (قشرة الأرض). (fault)

الصُغْر المُطَلَق: درجة الصُغْر المُطلَق هي أدنى درجة حرارة مُمكنة = صُغْر مُكَلَّن أو -273.15°س. (absolute zero)

صُغْر - مُصَنَّع: يُصَنَّع مُرَبَّعا من جامد وسائل بِمُروء الحامد يُرَبَّع

صُغْر: تضاع أو قَلَق في القشرة (قشرة الأرض). (fault)

الصُغْر المُطَلَق: درجة الصُغْر المُطلَق هي أدنى درجة حرارة مُمكنة = صُغْر مُكَلَّن أو -273.15°س. (absolute zero)

صُغْر - مُصَنَّع: يُصَنَّع مُرَبَّعا من جامد وسائل بِمُروء الحامد يُرَبَّع

صُغْر: تضاع أو قَلَق في القشرة (قشرة الأرض). (fault)

الصُغْر المُطَلَق: درجة الصُغْر المُطلَق هي أدنى درجة حرارة مُمكنة = صُغْر مُكَلَّن أو -273.15°س. (absolute zero)

صُغْر - مُصَنَّع: يُصَنَّع مُرَبَّعا من جامد وسائل بِمُروء الحامد يُرَبَّع

صُغْر: تضاع أو قَلَق في القشرة (قشرة الأرض). (fault)

الصُغْر المُطَلَق: درجة الصُغْر المُطلَق هي أدنى درجة حرارة مُمكنة = صُغْر مُكَلَّن أو -273.15°س. (absolute zero)

صُغْر - مُصَنَّع: يُصَنَّع مُرَبَّعا من جامد وسائل بِمُروء الحامد يُرَبَّع

صُغْر: تضاع أو قَلَق في القشرة (قشرة الأرض). (fault)

الصُغْر المُطَلَق: درجة الصُغْر المُطلَق هي أدنى درجة حرارة مُمكنة = صُغْر مُكَلَّن أو -273.15°س. (absolute zero)

صُغْر - مُصَنَّع: يُصَنَّع مُرَبَّعا من جامد وسائل بِمُروء الحامد يُرَبَّع

صُغْر: تضاع أو قَلَق في القشرة (قشرة الأرض). (fault)

الصُغْر المُطَلَق: درجة الصُغْر المُطلَق هي أدنى درجة حرارة مُمكنة = صُغْر مُكَلَّن أو -273.15°س. (absolute zero)

صُغْر - مُصَنَّع: يُصَنَّع مُرَبَّعا من جامد وسائل بِمُروء الحامد يُرَبَّع

صُغْر: تضاع أو قَلَق في القشرة (قشرة الأرض). (fault)

الصُغْر المُطَلَق: درجة الصُغْر المُطلَق هي أدنى درجة حرارة مُمكنة = صُغْر مُكَلَّن أو -273.15°س. (absolute zero)

صُغْر - مُصَنَّع: يُصَنَّع مُرَبَّعا من جامد وسائل بِمُروء الحامد يُرَبَّع

صُغْر: تضاع أو قَلَق في القشرة (قشرة الأرض). (fault)

الصُغْر المُطَلَق: درجة الصُغْر المُطلَق هي أدنى درجة حرارة مُمكنة = صُغْر مُكَلَّن أو -273.15°س. (absolute zero)

صُغْر - مُصَنَّع: يُصَنَّع مُرَبَّعا من جامد وسائل بِمُروء الحامد يُرَبَّع

صُغْر: تضاع أو قَلَق في القشرة (قشرة الأرض). (fault)

الصُغْر المُطَلَق: درجة الصُغْر المُطلَق هي أدنى درجة حرارة مُمكنة = صُغْر مُكَلَّن أو -273.15°س. (absolute zero)

صُغْر - مُصَنَّع: يُصَنَّع مُرَبَّعا من جامد وسائل بِمُروء الحامد يُرَبَّع

صُغْر: تضاع أو قَلَق في القشرة (قشرة الأرض). (fault)

الصُغْر المُطَلَق: درجة الصُغْر المُطلَق هي أدنى درجة حرارة مُمكنة = صُغْر مُكَلَّن أو -273.15°س. (absolute zero)

صُغْر - مُصَنَّع: يُصَنَّع مُرَبَّعا من جامد وسائل بِمُروء الحامد يُرَبَّع

صُغْر: تضاع أو قَلَق في القشرة (قشرة الأرض). (fault)

الصُغْر المُطَلَق: درجة الصُغْر المُطلَق هي أدنى درجة حرارة مُمكنة = صُغْر مُكَلَّن أو -273.15°س. (absolute zero)

صُغْر - مُصَنَّع: يُصَنَّع مُرَبَّعا من جامد وسائل بِمُروء الحامد يُرَبَّع

صُغْر: تضاع أو قَلَق في القشرة (قشرة الأرض). (fault)

الصُغْر المُطَلَق: درجة الصُغْر المُطلَق هي أدنى درجة حرارة مُمكنة = صُغْر مُكَلَّن أو -273.15°س. (absolute zero)

صُغْر - مُصَنَّع: يُصَنَّع مُرَبَّعا من جامد وسائل بِمُروء الحامد يُرَبَّع

صُغْر: تضاع أو قَلَق في القشرة (قشرة الأرض). (fault)

الصُغْر المُطَلَق: درجة الصُغْر المُطلَق هي أدنى درجة حرارة مُمكنة = صُغْر مُكَلَّن أو -273.15°س. (absolute zero)

صُغْر - مُصَنَّع: يُصَنَّع مُرَبَّعا من جامد وسائل بِمُروء الحامد يُرَبَّع

صُغْر: تضاع أو قَلَق في القشرة (قشرة الأرض). (fault)

الصُغْر المُطَلَق: درجة الصُغْر المُطلَق هي أدنى درجة حرارة مُمكنة = صُغْر مُكَلَّن أو -273.15°س. (absolute zero)

صُغْر - مُصَنَّع: يُصَنَّع مُرَبَّعا من جامد وسائل بِمُروء الحامد يُرَبَّع

صُغْر: تضاع أو قَلَق في القشرة (قشرة الأرض). (fault)

الصُغْر المُطَلَق: درجة الصُغْر المُطلَق هي أدنى درجة حرارة مُمكنة = صُغْر مُكَلَّن أو -273.15°س. (absolute zero)

صُغْر - مُصَنَّع: يُصَنَّع مُرَبَّعا من جامد وسائل بِمُروء الحامد يُرَبَّع

صُغْر: تضاع أو قَلَق في القشرة (قشرة الأرض). (fault)

الصُغْر المُطَلَق: درجة الصُغْر المُطلَق هي أدنى درجة حرارة مُمكنة = صُغْر مُكَلَّن أو -273.15°س. (absolute zero)

صُغْر - مُصَنَّع: يُصَنَّع مُرَبَّعا من جامد وسائل بِمُروء الحامد يُرَبَّع

صُغْر: تضاع أو قَلَق في القشرة (قشرة الأرض). (fault)

الصُغْر المُطَلَق: درجة الصُغْر المُطلَق هي أدنى درجة حرارة مُمكنة = صُغْر مُكَلَّن أو -273.15°س. (absolute zero)

صُغْر - مُصَنَّع: يُصَنَّع مُرَبَّعا من جامد وسائل بِمُروء الحامد يُرَبَّع

صُغْر: تضاع أو قَلَق في القشرة (قشرة الأرض). (fault)

الصُغْر المُطَلَق: درجة الصُغْر المُطلَق هي أدنى درجة حرارة مُمكنة = صُغْر مُكَلَّن أو -273.15°س. (absolute zero)

صُغْر - مُصَنَّع: يُصَنَّع مُرَبَّعا من جامد وسائل بِمُروء الحامد يُرَبَّع

صُغْر: تضاع أو قَلَق في القشرة (قشرة الأرض). (fault)

الصُغْر المُطَلَق: درجة الصُغْر المُطلَق هي أدنى درجة حرارة مُمكنة = صُغْر مُكَلَّن أو -273.15°س. (absolute zero)

صُغْر - مُصَنَّع: يُصَنَّع مُرَبَّعا من جامد وسائل بِمُروء الحامد يُرَبَّع

صُغْر: تضاع أو قَلَق في القشرة (قشرة الأرض). (fault)

الصُغْر المُطَلَق: درجة الصُغْر المُطلَق هي أدنى درجة حرارة مُمكنة = صُغْر مُكَلَّن أو -273.15°س. (absolute zero)

صُغْر - مُصَنَّع: يُصَنَّع مُرَبَّعا من جامد وسائل بِمُروء الحامد يُرَبَّع

صُغْر: تضاع أو قَلَق في القشرة (قشرة الأرض). (fault)

الصُغْر المُطَلَق: درجة الصُغْر المُطلَق هي أدنى درجة حرارة مُمكنة = صُغْر مُكَلَّن أو -273.15°س. (absolute zero)

صُغْر - مُصَنَّع: يُصَنَّع مُرَبَّعا من جامد وسائل بِمُروء الحامد يُرَبَّع

صُغْر: تضاع أو قَلَق في القشرة (قشرة الأرض). (fault)

الصُغْر المُطَلَق: درجة الصُغْر المُطلَق هي أدنى درجة حرارة مُمكنة = صُغْر مُكَلَّن أو -273.15°س. (absolute zero)

صُغْر - مُصَنَّع: يُصَنَّع مُرَبَّعا من جامد وسائل بِمُروء الحامد يُرَبَّع

صُغْر: تضاع أو قَلَق في القشرة (قشرة الأرض). (fault)

الصُغْر المُطَلَق: درجة الصُغْر المُطلَق هي أدنى درجة حرارة مُمكنة = صُغْر مُكَلَّن أو -273.15°س. (absolute zero)

صُغْر - مُصَنَّع: يُصَنَّع مُرَبَّعا من جامد وسائل بِمُروء الحامد يُرَبَّع

صُغْر: تضاع أو قَلَق في القشرة (قشرة الأرض). (fault)

الصُغْر المُطَلَق: درجة الصُغْر المُطلَق هي أدنى درجة حرارة مُمكنة = صُغْر مُكَلَّن أو -273.15°س. (absolute zero)

صُغْر - مُصَنَّع: يُصَنَّع مُرَبَّعا من جامد وسائل بِمُروء الحامد يُرَبَّع

صُغْر: تضاع أو قَلَق في القشرة (قشرة الأرض). (fault)

الصُغْر المُطَلَق: درجة الصُغْر المُطلَق هي أدنى درجة حرارة مُمكنة = صُغْر مُكَلَّن أو -273.15°س. (absolute zero)

صُغْر - مُصَنَّع: يُصَنَّع مُرَبَّعا من جامد وسائل بِمُروء الحامد يُرَبَّع

صُغْر: تضاع أو قَلَق في القشرة (قشرة الأرض). (fault)

الصُغْر المُطَلَق: درجة الصُغْر المُطلَق هي أدنى درجة حرارة مُمكنة = صُغْر مُكَلَّن أو -273.15°س. (absolute zero)

صُغْر - مُصَنَّع: يُصَنَّع مُرَبَّعا من جامد وسائل بِمُروء الحامد يُرَبَّع

صُغْر: تضاع أو قَلَق في القشرة (قشرة الأرض). (fault)

الصُغْر المُطَلَق: درجة الصُغْر المُطلَق هي أدنى درجة حرارة مُمكنة = صُغْر مُكَلَّن أو -273.15°س. (absolute zero)

صُغْر - مُصَنَّع: يُصَنَّع مُرَبَّعا من جامد وسائل بِمُروء الحامد يُرَبَّع

صُغْر: تضاع أو قَلَق في القشرة (قشرة الأرض). (fault)

الصُغْر المُطَلَق: درجة الصُغْر المُطلَق هي أدنى درجة حرارة مُمكنة = صُغْر مُكَلَّن أو -273.15°س. (absolute zero)

صُغْر - مُصَنَّع: يُصَنَّع مُرَبَّعا من جامد وسائل بِمُروء الحامد يُرَبَّع

صُغْر: تضاع أو قَلَق في القشرة (قشرة الأرض). (fault)

الصُغْر المُطَلَق: درجة الصُغْر المُطلَق هي أدنى درجة حرارة مُمكنة = صُغْر مُكَلَّن أو -273.15°س. (absolute zero)

صُغْر - مُصَنَّع: يُصَنَّع مُرَبَّعا من جامد وسائل بِمُروء الحامد يُرَبَّع

صُغْر: تضاع أو قَلَق في القشرة (قشرة الأرض). (fault)

الصُغْر المُطَلَق: درجة الصُغْر المُطلَق هي أدنى درجة حرارة مُمكنة = صُغْر مُكَلَّن أو -273.15°س. (absolute zero)

صُغْر - مُصَنَّع: يُصَنَّع مُرَبَّعا من جامد وسائل بِمُروء الحامد يُرَبَّع



بالترقيق ثم يُصبُّ السائل الراتق. (decant)  
**صفائح**: لوحة (ذاتية): قرص في الدم عَرِ شتية الشكل تُنتج  
 تروا كيميائية لِخُصْر الدم. (platelet)  
**صمام ثنائي**: أنظر «إلترود»  
**صمام ثنائي باعث للضوء**: **دايود ضوء**: صمام ثنائي يمتد  
 الضوء عند مرور تيار كهربائي فيه.  
 («LED light-emitting diode»)  
**ضفارة**: صخر غصنوش سائل في دثار الأرض وقشرها يبرأ لِيَكُون  
 صخرًا ناريًا. (magma)  
**صهيرة**: بضر: لينة أمان تُستخدم في الدارات الكهربائية - وهي  
 عبارة عن سلك رقيق يمتد (يقطع الدارة) إذا تجاوز التيار حدًا  
 مُعَيَّنًا. (fuse)  
**صوت فوق السمعي**: صوت ذو تردد فوق ما تستطيع الأذن البشرية  
 سيارته. (ultrasound)  
**الصوتيات**: مُتحد ودراسة الصوت. (acoustics)  
**صورة نظيرية**: صورة تتكوّن حيث يبدو أن الأشعة الصوتية تتلاقى  
 (في بؤرة تقديرية). كالصورة المُعكّسة في المرآة.  
 (virtual image) (فاين «صورة حقيقية»)  
**صورة حقيقية**: صورة تتكوّن في بؤرة تلاقى الأشعة الصوتية فعلاً  
 (ولا يُمكن عرضها على شاشة). (real image) (قارن «صورة  
 تقديرية»)  
**صورة شعريّة**: صورة مجهرية: صورة أُخذت بالمجهر.  
 (micrograph)

**صورة بالجهر الإلكتروني**: صورة مُكبرة جدًا لجسم بالمجهر  
 الإلكتروني. (electromicrograph)  
**صيغة**: مجموعة رموز كيميائية تُبيّن تركيب المادة الكيميائية.  
 (formula)

## ض

**ضار**: أنظر «مفترس»  
**ضباب ثاقبي**: نوع من الضباب الأفقي الانتقال يتكوّن عند مرور  
 جبهة من الهواء الدافئ الرطب فوق سطح أبرد (advection fog)  
**ضخان**: مزيج سائل من الشخان والضباب. (smag)  
**ضد**: أنظر «جسم مضاد»  
**ضد الإعصار**: منطقة ضغط مرتفع تؤدي غالباً إلى طقس جيد.  
 (anticyclone)  
**ضغط**: مقدار القوة المؤثرة على وحدة المساحة. (pressure)

## ط

**طابع الصوت**: أنظر «جرس»  
**طاقة**: القدرة على إحداث شغل  
**طاقة التماسك**: الطاقة اللازمة لبدء تفاعل كيميائي وهي تختلف  
 لِمُتعلقات المُختلفة. (activation energy)  
**طاقة جيولوجية**: طاقة الحرارة الأرضية: طاقة تُستخدَم لتوليد القدرة  
 من حرارة الصخور في باطن الأرض. (geothermal energy)  
**طاقة الحرارة الأرضية**: أنظر «طاقة جيولوجية»  
**طاقة الحركة**: طاقة الجسم الناجمة عن حركته. (kinetic energy)  
**طاقة كامنة**: طاقة مُخزّنة للاستخدام في وقت لاحق.  
 (potential energy)  
**طاقة الوضع**: الطاقة المُخزّنة التي يمتلكها الجسم بفضل موقعه أو  
 حالته. (potential energy)  
**طبقي الشوائب**: قوائم طبقي الشكل يتلقى الإشعاعات التي تنبأها  
 الشوائب. (satellite dish)  
**طبقة الصوت**: أنظر «درجة النغم»  
**الطحالب**: نباتات بسيطة لا زهرية تنمو في البرك ومناطق المياه - كلها  
 بِمُستوى لا سوى ولا جذور حقيقية لها. (algae)  
**طرف توصيل**: **بطراف**: لُحْدَة توصيل في إحدى مُقومات الدارة  
 الكهربائية. (terminal)  
**طفولة**: أنظر «إكليل»  
**طفرة**: تحوّل مفاجئ: تغير عشوائي (يحدث اتفاقاً) في صيغيات  
 (كروموسومات) الخلية. (mutation)  
**طفيلي**: مُتطفل يعيش على مُتطفل آخر (يُسمى المائل) يُتلفه أو يقضي  
 عليه. (parasite)

**الطلاء الكهربائي**: تغطية جسم مُرَرّ بِمُعدّ وظيفي بن فلز آخر  
 بالكهربة (electroplating)  
**طور**: وجه: أحد الأوجه أو الأشكال الظاهرية لِجُزء (أو التوكب  
 السيار) نتيجة لانعكاس نور الشمس عنها أو عن جُزء منها.  
 (phase)  
**طور**: إحدى الحالات الثلاث التي تُوجد فيها المادة - الجُمُودية أو  
 السائلة أو الغازية (الشغل). (phase)  
**طول موجي**: المسافة بين ذروة موجة وذروة جُزءٍ تالية.  
 (wavelength)

**طبقة**: ثلّة في الطبقات الصخرية. (fold)  
**طب (ج. أليفات)**: توزيع حاصل متغيّر للأموح والتردّات: كالطبّ  
 الكهرمغنطيسي مثلاً. (spectrum)  
**طب كهرمغنطيسي**: الذي الكامل للإشعاع الكهرمغنطيسي - بثقة  
 جامداً وثيقة (بأس «الأشعة السينية»)، والإشعاع فوق البنفسجي  
 والضوء المُظلم والأشعة دون الحمراء والأمواج الطّهرية  
 والأمواج اللاسلكية (الراديو).  
 (electromagnetic spectrum)

## ظ

**ظاهرة الدفيلات**: ظاهرة احتباس الغازات في جوف الأرض (بخاصة  
 ثاني أكسيد الكربون) لِحرارة كما في البيوت الزجاجية - وتُركم  
 تأثير هذه الظاهرة يؤدي إلى التّحمّ العالمي.  
 (greenhouse effect)  
**الظاهرة المرادية**: أنظر «مؤد طاردة مركزية»  
**الظاهرة الكهرضغطية**: إنتاج الكهرباء بِتسليط الاجهاد على بعض  
 أنواع البلورات (كالكوارتز أي المُو مثلاً)  
 (piezoelectric effect)  
**الظاهرة الكهرضوئية**: إنبعاث الإلكترونات من سطوح بعض الأجسام  
 عند تسليط أو توجع الضوء عليها. (photoelectric effect)  
**ظل**: شويده الظلّة: الجُزء المركزي المُظلم من الظل الذي لا يسقط عليه  
 ضوء. (umbra)

## ع

**عادل - يُعادل - يتعادل**: يُحيّد: يجعل الحامض أو القلوي مُتعادلاً.  
 أي يُحيّده فلا هو خضفي ولا قلوي. (neutralize)  
**عازل**: مادة تُقلّل أو تمنع تيارات الحرارة أو الكهرباء أو الصوت.  
 (insulator)  
**عاشب**: أكل الغشيب: حيوان يُفكّث بالغشيب (أو الثكث).  
 (herbivore)  
**عاكس التيار**: بُنية تعكس اتجاه التيار الكهربائي (في الدينامو).  
 (commutator)  
**عاكس الطور**: **مُؤد عكسي**: بُنية تُستخدم لتحويل التيار المُستخدَم  
 إلى تيار مُتبادل. (inverter)  
**عائسية الجُزء**: أنظر «النياس»  
**عابل استخلاص**: أنظر «مُستخلص»  
**عابل مُخفّض**: مادة تُستخدَم لِإزالة مادّة أخرى (أي تُحيّثها  
 الهدروجين أو تُقلّلها الأكسجين). (reducing agent)  
**عابل مُساعِد**: أنظر «مُلمّز»  
**عابل مُؤكسد**: مادة تُسبّب مُكسدة مادّة أخرى. (oxidizing agent)  
**عتاد (الحاسوب)**: الأجزاء الميكانيكية والإلكترونية من الحاسوب  
 (hardware)  
**عجلة**: أنظر «تسارع»  
**عداد جيجر**: جهاز يُستخدم للكشف عن أنواع مُعيّنة من الإشعاع  
 وقياسها. (Geiger counter)  
**عدانة**: **علم المعادن**: دراسة المعادن. (mineralogy)  
**العدد الذري**: عدد البروتونات في نواة الذرة المُعيّنة.  
 (atomic number)

**عدسة مقعرة**: عدسة مقعّسة إلى الخارج (الخُرّ في المركز منها في  
 الأطراف). (convex lens; converging lens)  
**عدسة مقعرة**: عدسة مقعّسة إلى الداخل (في المركز أرق منها في  
 الجوانب). (concave lens)  
**عزس**: أنظر «متنبيح»  
**عُرض (جغرافي)**: أنظر «خط العرض»  
**غشّة**: نوريّة يشفّط الكائن الحي في نظام بيئي. (niche)  
**غصارة**: أنظر «شُغ»  
**غصن**: جُزء من شبكة الشُجور. الدقيقة التي تحيل الرسائل من  
 الجسم إلى الدماغ وبين الدماغ إلى العضلات. (nerve)  
**غصون**: خلية عصبية. (neuron)  
**غشّر بين جليدي**: أنظر «مُتّج جليدي»  
**غشّر الفضاء**: عصر بداية الفضاء والشغل في أجوانه. (space age)  
**غشور**: جُزء مُشكّال ناتج من مُتغصّن ذو وظيفة مُحدّدة كالشُعاع أو  
 اللب مثلاً. (organ)  
**غشوي**: جيفة إلى (١) مُركّب يحوي الكربون. (organic)  
 (٢) إنتاج الغذاء دون استخدام المُغشبات الكيميائية. (organic)  
**غشّ**: جُزئية عُشوية مُشتمسة تُؤلف قسماً من الخلية النباتية أو  
 الحيوانية. (organelle)

**الغضلة**: **الأنسور الذاتي**: **قُوّة الاستمرار**: قُوّة الجسم إلى البقاء في  
 حالة الشكون أو استمرار الحركة في خط مُستقيم ما لم تؤثر فيه  
 قُوّة. (inertia)  
**غظم**: تسليح مُلّد مُخيّز من الهيكل العظمي لِلحيوان. (bone)  
**غُدّة عصبية**: مجموعة من الخلايا العصبية مُشكّلة غلاف بين الشجج

الضام: (ganglion)

**علم الأرصاد الجوية**: دراسة الطقس. (meteorology)  
**علم البيئة**: أنظر «البيئات»  
**علم الحياة**: **البيولوجية**: علم ودراسة الكائنات الحية. (biology)  
**علم شغل الأرض**: أنظر «الجيومورفولوجية»  
**علم المُصنّور**: مُتحد ودراسة الصخور. (petrology)  
**علم طبقات الأرض**: أنظر «استراتيغرافية»  
**علم الطبيعة**: أنظر «الفيزياء»  
**علم الفلك**: علم يدرس النجوم والكواكب والأجرام الأخرى في الفضاء.  
 (astronomy)  
**علم الكون**: **علم الكونيات**: دراسة تركيب الكون وُشكّته وأصله.  
 (cosmology)  
**علم الكيمياء**: أنظر «كيمياء»  
**علم المعادن**: أنظر «عدانة»  
**علم الوظائف**: أنظر «الفسيولوجية»  
**عملاق أحمر**: نجمة في نهاية العمر تُضمّم ويزد. (red giant)  
**عصرة**: أنظر «مُستخرّصة»  
**عنصر مُزّدة**: نواتج كيميائية الشُجس والذُك والمُتفكّر مُشكّلتها  
 الكائنات الحية بِكثافات ضئيلة. (trace elements)  
**عنصر**: مادة لا يُمكن تفكيكها إلى مواد أبسط بالتفاعلات الكيميائية.  
 (element)  
**عنقة**: أنظر «مُزجج»  
**عوالق**: نباتات وحيوانات دقيقة تعيش مُعلّقة على تفرّج من السطح في  
 المياه البحرية والداخلية. (plankton)  
**عوالق حيوانية**: الميوّنات الدقيقة (المجهرية غالباً) التي تُؤلف جُزءاً  
 من العوالق البحرية. (zooplankton)  
**عوالق نباتية**: نباتات دقيقة تُؤلف جُزءاً من الكائنات الحية المُعلّقة في  
 الماء. (phytoplankton)

## غ

**غاز حيوي**: غاز يُنتج من التحلل مُشكّلات النبات أو الحيوان بِمُعدّ  
 عن الهواء. (biogas)  
**غُدّة**: مُعضو أو مجموعة خلايا تُنتج مواداً بِمُستخدَمها الجسم. (gland)  
**غرواني**: مزيج من جسيمات دقيقة يذوّ مُشكّلة في مادة أخرى لا  
 تُتحد فيها. (colloid)  
**غشاء**: جلد رقيق جداً. (membrane)  
**غشاء نصف مُنفذ**: غشاء يسمح بِمرور الجُزئات الدقيقة (كعزرات  
 المُذيب) ويمنع عبور الجُزئات الكبيرة (كجُزئات المُذاب).  
 (semipermeable membrane)  
**غُشور**: تسليح صام مُصنّور يُؤلف الأجزاء الطوّية من الهيكل  
 العظمي وبعض الفواصل الهياكل العظمية لِلبعض الأسماك كالقشر  
 والشُغشغ مُصنّورة بِكاملها. (cartilage)  
**غُطّل**: نواة تُتويهي: مادة غير مُفعّلة تُعمل لِلمرضى لِلمُارة آثارها  
 بِأثار المادة العلاجية. (placebo)  
**الغلاف (الجوي)**: **الخارجي**: أنظر «إكسوسفير»  
**الغلاف الجوي السفلي**: أنظر «التروپوسفير»  
**الغلاف الجوي المُتأخّر**: أنظر «الايونوسفير»  
**الغلاف الحراري**: أنظر «تروپوسفير»  
**الغلاف الحيوي**: المُطلّ الأرضي والحي حيث تُواجِد الكائنات  
 الحية. (biosphere)  
**الغلاف الصخري**: الطبقة الأرضية التي تشكّل القشرة والذُشار  
 القلوي. (lithosphere)  
**الغلاف الطبقي**: أنظر «ستراتوسفير»  
**الغلاف اللوني**: طبقة الغازات في جوف الشمس التي تسطّع بِاحمرار.  
 (chromosphere)  
**الغلاف المائع**: المُطلّ اللين من الأثار. (asthenosphere)  
**الغلاف المُتوسّط**: أنظر «ميسوسفير»  
**الغلاف المغنطيسي**: المجال المغنطيسي حول نجمة أو كوكب.  
 (magnetosphere)  
**غلغلة**: مُلّ (الحديد) بالزُك لوقائته من الصدأ. (galvanize)  
**غلغول**: جسيم داخل البروتونات والنيوترونات. الغلغولات تجعل  
 الكواركات تتماشى معاً. (gluon)  
**غُدّة سديمية**: أنظر «سديم»

## ف

**فارة الحاسوب**: بُنية مُشكّك باليد تُستخدم لِلتّحكم في مؤشر ومُزّج  
 الحاسوب. (mouse)  
**الفاعل الطبيعي**: أنظر «سراتوبوز»  
**فاعلة إشعاعية**: أنظر «إشعاعية»  
**فاعلة كيميائية**: أنظر «تفاعلية»  
**فج**: شغل أو قُلّ في الخُجّر الجيوي مُتّج بِمُعدّ الشُغشغ مُزججياً في  
 ماء الطر. (grike)















# فهرس

لرقام الصفحات الغامقة تشير إلى المناخل الرئيسية.

١

~ والكهربائية الشائعة ١٤٦  
~ ومقاومة الهواء ١١٩، ١٢١  
~ والمكتات ١٣٠  
أحفورة آثار أقدم ٢٢٥  
إحمرار السماء ٢٧٧  
الأحوال الجوية ٢٤٨-٢٧١  
أخاديد المثلج ٢٢٨  
الأخاديد المحيطية ٢٢٤، ٢٨٦  
الاختبار الإثلافي ٦٢  
اختبار لاإثلافي ١٨٥  
اختبارات الذهب ٦٣  
الاختزال ٦٤-٦٥  
اختلاف المنظر ٢٧٨  
الاختصار ٨٠  
~ الكحولي ٨٠، ٩٣  
الأخدود العظيم (الغراند كانيون) ٢٢٦  
أخدود مارياناس ٢٨٦  
الاختصاص ٢١٨-١٩، ٢٦٧  
الأخطبوطات ٢٢٤، ٢٥٧، ٢٦١  
إخماض الضجيج ١٨١  
الأثرينالين ١٠٤، ١٠٥  
الإدماع، النضج ٢٤١  
الأذمة ٢٥٤  
أفقسون - جورج ٢٩٢  
أفقسون - جوي ٢٩٣  
إوينجتون - الشير آرثر ٢٨٥  
أديسون - توماس  
~ وتسجيل الأصوات ١٨٨  
~ والسيتما ٢٠٨  
~ والصنجات الكهربائية ١٩٢  
~ والكهرباء ١٦٠  
أذناب الخيل ٤٢٠  
الأذنان  
~ والشع ١٨٢، ٢٥٨  
واقبات الأذن ١٨١  
الأراب ٢٣٤، ٢٦٩  
الأراب البنغونية ٢٩٢  
أرائس ٢٨٢، ٢٩٢  
إحصائيات عن ٤١٨  
المشاور الفضائية إلى ٢٧٢، ٢٠١، ٢٩٢  
الأربطة ٢٥٣  
الأزيمعاش ٢٥٠  
الإرتقاء ٢٥٠  
الأزجل ٢٥٦  
أرجوحة نيوتن ١٣٩  
الأرجون  
~ في الجدول الدوري ٢٢  
~ في الهواء ٧٤  
استعمالات - ٤٨  
أرخميدس ١٢٩، ١٣٠  
الأزواض ٢٢٤  
أزواض الأركس ٢١٧  
أرسطو ٢١، ١٢٠، ١٧٧  
الأرض ٢٤٥، ٢٩٢  
الأرض ٢٠٩، ٢٨٧  
~ وتكونت الكتل الصفائح ١٥-٢١٤

~ والجثث العالي ٢٤٧، ٢٧٢  
~ والشمس ٢٨٥  
~ ونشوء الجبال ٢١٨-١٩  
إحصائيات عن ٤١٨  
الأنهار على ٢٢٣  
بخار ولحيطات ٢٢٣-٢٢٧  
بدايات الحياة على ٢٠٧  
براكين ٢١٦-١٧  
بثلة ٢١٢-١٣، ٤١٤  
تجوية وشحط سطح - ٢٢٠-٢١  
~ ٢٢٢  
التفجرات المتاخية ل- ٢٤٦  
التلوث على ٢٧٤-٧٥  
جاذبية ١٢٢، ١٢٥  
جدول الأزمنة الجيولوجية و- ٤١٤، ٢٢٧  
الكليد والمثلج على ٢٢٨-٢٢٩  
جؤ - ٢٤٨، ٤٩٦، ٢٨٧  
حقائق ومعلومات عن ٤١٤-١٥  
درجة حرارة ٢٥١-٥٢  
رسم خرائط ٢٤٠  
الزلازل (الزلازل الأرضية) ٢٢٠  
السوائل الأرضية ٣٠٠  
شكل ٢١١  
الصخور والمعادن على ٢٢١-٢٧  
٢٧  
ضغط الهواء على ٢٥٠  
الغلاف الجوي ل- ٢٧٠-٢٢٠  
الفصول الأرضية ٢٤٣  
كثلة ١٢٣  
عجال - المغنطيسي ١١٥، ١٤٥، ٢١٥، ٢١٢  
مصادر الطاقة على ١٣٤  
مناخات ٢٤٤-٤٥  
نشأة ٢١٠-١١، ٢٧٥، ٢٨٢  
الأرض الهندسية ٢٨٢  
الإرضاع ٢٦٨  
إرشون - كاري ٨٦  
الأزق ٢٤١، ٢٦٦  
أركوبيتريكس ٢٠٨  
إرليخ - بول ١٠٤  
أرمسترونغ - نيل ٢٠٢  
أريستارخوس ٢٨٧  
أريستوتلس - سفالت ٦٩  
الأزك ٢٤١  
الأزمنة الجيولوجية ٢٢٧، ٤١٤  
الأزهار ٢١٨-١٩، ٤٢٠  
حُصْب - المرتبة بالضوء فوق  
البنفسجي ٢٠٥  
أزهار الربيع ٢٦٧  
أسارير (مُضون) الجلد ٢٥٤  
الأسارير ٢١٢، ٢٨٠  
الأسافين ٢٢٤  
الإشبات ٢٨١  
الإشبات الضيفي ٢٨١  
الإشبات، النوم ٢٦١، ٢٨١  
الأسبيرين ١٠٤، ١٠٥

الاستشباب ٢٥٠  
استحلاب ١٠٣  
أشقراليا  
الإنجراف الغازي في ٢١٥  
الجربيات في ٢٢٥  
الرياح في ٢٥٤  
علاجيم القصب في ٢٩٩  
المناع في ٢٤٥، ٢٦٥  
الاستشباب ٦٢  
الاستشباع ٢٧  
إشتقرار قوى التدوير ١٢١  
الاستقطاب ٢٠٠، ٢٢١  
الاستقلاب، الأيض ٧٦، ٤٢٢  
أشئون - قرائس ٦٢  
الاستيولين ٤٤  
أسطوانات مُشجعة ٢٩، ١٨٨  
أسطوانات مُشجعة ذات تراكبات  
قرونية فقط في الحواسيب ١٧٢  
الأسفلت ٩٨  
الإشتقاق ٢٢٠، ٤٢١  
إسقاط مركائوري ٢٤٠  
الإسقاط والخرائط ٢٤٠  
استكلنا ٢١٨، ٢٢٩  
الأشعة النووية ١١٢، ١٢٧  
أسماء  
~ الكائنات الحي ٣١٠-١١  
~ الكيماويات ٤٠٤  
الاسماك ٢٢٦-٢٢٧  
أسماك الأعماق ٢٨٦  
أسماك القارة القطبية الجنوبية  
الاسماك الحُفافية ٢٢٧  
~ الرثرية ٢٨١  
~ الشبيهة ٢٢٧  
~ الطيارة ٢٢٧  
~ الغضروفية ٢٢٦، ٢٥٧، ٤٢١  
~ ومقاومة التجذ ٢٦٨  
اشكال - الانسيابية ١٢١  
البيئة الباطنية في - وسواها من  
نوات الدم البارد ٢٥٠  
تصنيف ٤٢١  
تعائش ٢٧٩  
تناسل ٢٦٧  
التنفس في ٢٤٧  
خرافش ٢٥٤  
حواش ٢٥٩  
الحط الجاني في ٢٥٨  
الدورة الدموية في ٢٤٩  
سباحة ٢٥٧  
ضيق ٢٨٧  
مقانات - الهوائية ١٢٩  
معدى أعمار ٤٢٢  
هجرة ٢٨١  
الأشعة الكيماوية، الشخصيات  
~ في الزراعة ٩١  
~ من الأمونيا ٩٠، ٩٦  
~ من الفسفور ٤٢  
~ من النتروجين ٤٢  
قُرط المغذيات و- ٢٧٢

إشمرار الفاكهة ٧٩  
الإشعشع ١٠٩  
الاشناتح الزنوية ٢٤٧  
الاشناتح ٢٤٤  
أسنان نطق القروش ٢٢٦، ٢٢٥  
أسنان اللبونات ٢٢٤  
خشو تجاوب ٨٨  
ثُخو ٢١٢  
أسهم نارية ٢٥، ٦٢، ١٢٨  
الأشود ٢٩٢، ٢٩٢  
آسيا  
جبال - ٢١٨  
الجفاف في ٢٦٥  
شهب - العنيفة ٢٩٢  
الإشارات الرُفمية  
~ - والأصوات الإلكترونية ١٨٩  
~ - وتسجيل الصوت ١٨٨  
~ - والذرات المتكاملة ١٧١  
إشارات نظيرية ١٧١  
الإشارة (الفرجة) الخالصة ١٦٤، ١٦٥  
أشباح يزوي ٢٦٩  
أشباح الإنسان ٢٢٦  
أشباح الغلزات ٢٩  
الأشجار  
~ والأزهار ٢١٨  
~ الصنوبرية ٢١٧  
~ والغابات المطيرة ٢٩٤-٩٥  
~ وغابات المناطق المعتدلة ٢٩٦  
~ في الجفاف ٢٦٥  
~ في المُشْتَقعات ٢٨٩  
تكون اللحم من ٢٢٨  
علاقات اللحم في الشجر ٢٤٦  
حط الشجر ٢٨٤  
النَّح في ٢٤١  
نُخو ٢٦٢  
أشجار الراتنجية (نيسيا) ٢١٧  
أشجار المشو ٢٨٩  
أشجار الشدنيان (البوط) ٢٩٦  
أشجار الشنط ٢٧٩  
أشجار الصنوبر ٢١٧  
أشجار الكوز ٢١٨، ٢٤٢  
أشجار الحافظات ١٥٥  
الإشعاع  
~ وتسريع الأطفة ٩٣  
~ الحراري ١٤٢  
~ والطاقة النووية ١٣٦  
~ وعلم الفلك ٢٩٨  
~ في الكون ٢٧٥  
الإشعاع بون الأحمر  
~ - والأرض ٢٤٨  
~ - والشمس ١٤٢، ٢٨٤  
~ - والطيف الكهرومغناطيسي ١٩٢  
~ - وعلم الفلك ٢٩٨  
~ - والكون ٢٧٧  
الإشعاعية ٢٦ - ٢٧  
أشعاع العناكب ٢٢٢

الأيات ٤٢، ٢٢١  
الإبحار الشراعي ١٦٦  
الأبراج الكهربائية ١٦٠  
الإبصار ٢٠٢، ٢٠٤، ٢٥٨، ٥٩  
إبصار بالعينين ٢٥٩  
الإبصار ليلاً ٢٠٥  
الإبصار الضخم ٢٠٤  
الأبصار ٢٧٢، ٢٤٥  
إبصار ١٠٤  
أبن الكفيس ٢٤٩  
أبو شوكة ٢٦٧  
أبو صفار ٢٨٩  
أبواق  
~ الشراخس ٢١٦  
~ الطحالب ٢٦٧  
~ الفطريات ٢١٥  
الأبواق ١٨٦  
أبير - نقولا ٩٣  
الاتحاد الدولي للحفاظ على  
الطبيعة والموارد الطبيعية ٤٠٠  
الاتصالات  
~ العيادية ١٦٢-٦٢  
~ التلغرافية ١٦٦-٦٧  
~ الراديوية ١٦٤-٦٥  
~ الصوتية والصوتية ١٧٧  
~ الكلامية ١٨٢  
فيرشونات ٢٥١  
أقول ٢٢٤  
الإشعة الأنتينون ٢٩  
أجاسيز - لويس ٢٢٩  
اجتماع القبة لشؤون البيئة ٤٠٠  
أجراس الأبواب ١٥٦  
الأجسام الفضائية ٢٤٨  
أجيفة  
~ الحشرات ٢٥٧  
~ الطائرات ١٢٨  
~ الطيور ٢٢٢، ٢٥٧  
أجهزة إسقاط ١٩٧، ٢٠٨  
أجهزة الإنذار من النُحان ٢٧  
الأجهزة التلغرافية ١٤٥، ١٦٢، ١٧٧  
الأجهزة الراديوية البثورية ١٦٤  
الأجهزة المشغورية ٤٠٥  
الأجوتيات ٢٩٤  
أحداثيات القلقة ٢١٨، ٤٢٠  
الأخافير ٢٢٥  
~ والإنجراف القاري ٢١٥  
~ وإنسان ما قبل التاريخ ٢٢٦  
~ والبرمائيات ٢٢٨  
~ والنظور ٢٠٨  
~ والجيولوجية التاريخية ٢٢٦  
الإحراق ٤٤، ٦٤ - ٦٥  
الإحباك ١٢١











بوفون - جورج لويس ٢٠٨	بيوض (ج. بيضة وبيض)	الترانسستورات	النسب - ٢٦٨
الْيُونِسكيت ٨٧، ٤٠٧	ال - والتناقل البشري ٢٦٨	~ والالكترونيات ١٦٨-٦٩	التكافؤ ٢٨، ٥٢
البؤل ٣٥٠	ال - والتناقل الجسدي ٢٦٧	رايدو ترانزستور ١٦٤-٦٥، ١٦٨	التكافؤ الخيوي ٣٧٩
بولتزمان - لودفيغ ٥٠	~ الزواحف ٢٢١، ٢٢٠	ترايكتون وزيد ٢٩٢	تكمير الصور الفوتوغرافية ٢٠٧
بولينسكيين ٩٩، ١٠٠، ١٠٦	~ الضفادع والعلاجيم ٢٢٨	الترزب ٧٢، ٢٢٢، ٢٩٥	التكوينات اللوحية، تكتونيات
بولنتج - ليونوس ٢٨	~ الطيور ٢٢٢، ٢٢٣	التربة القوية ٢٣٢	الكل الصفاحية ٢١٤-١٥٠
بوليلين ١٠٠، ٤٠٦	~ وجيدات المسلك ٢٣٥	زحف التربة ٢٢٢	٢١٨، ٢٣٤
بوليستر، متكور الإستر ١٠٧	بنيضات (بنيضات) ٢١٨، ٢١٩، ٢٢٨، ٢٦٥	التريينات	تكمير النقط ٥٧، ٩٩، ٤٠٦
اليوم ٢٩١	ت	~ البخارية ١٤٤	تكون الأرض ٢١٠
بوليني ٢١٦		~ في مضطبات القدرة ١٦٠	تكميف الهواء ١٤١
بولنجر ٣٨٠		~ الكهربائية ١٢٤	تكمسك أرسينيوم الراديوي ٢٩٧
بوليل - روبرت ٤٩		~ الهوائية مقدرة الرياح ٢٥٥	تلكوب جبل سيروبريكي ١٩٨
~ واكتشاف المستور ٤٢	التابير، التلعب ٢١٨-١٩، ٢٦٧	ترجيحات الطدى ١٨٤	تلكوب كمل ويلسون ١٩٨
~ ونظرية الحوامض ٦٩	التابير التهجيني ٢٦٧	الترو	تلكوب كمل ١٩٨
~ ونظرية الصوت ١٧٧	القاربخ	~ والأمواج الصوتية ١٨٠	تلكوب هيل العاكس ١٩٨
البيئة	~ الأحفوري ٢٢٥	~ والإمزازات ١٢٦	التلكوبات (المقارب) ١٩٨
~ الداخلية في الجسم البشري ٣٥٠-٥١	~ والأزمة الجيولوجية ٢٤٧	~ الموسيقى ١٨٧، ٤١٢	~ التشفية ٢٨٤
~ والأنهار والبحيرات ٢٨٨	~ والكربون (المثبع) ٢٧	تردد فوق العالي ١٦٦	~ على الأرض ٢٩٧
~ والتعاضد ٢٧٩	تاكسد، اكسد ٦٤-٦٥	الترشع ٦١	~ في علم الفلك ٢٧٢، ٢٩٦
~ والتلوث ٧٥	مضادات ال - ٩٢، ٦٥	التركيز وسرعة التفاعل ٥٥	~ في الفضاء ٢٩٨
~ والجيال ٢٨٤	التبخير، التبخر	الترموستاتات ١٤١	مرايا - ١١١، ١٩٨، ١٩٨
~ والمواضر والمذن ٢٩٧	~ وتغيرات الحالة ٢٠، ٢١	الترموستات، الغلاف الحراري	التلشكوبات العاكسة ١٩٨، ٢٩٧
~ والتلاسل والشبكات	~ وتكميف الهواء ١٤١	٢٤٨، ٢٩٨	التلشكوبات الكاسية ١٩٨، ٢٩٧
الغذائية ٢٧٧	استعمالات - ٦١	الترموستات نوات البنيضات	تلعة المثالي ٢٢٨
~ والشهوب العشبية ٢٩٢-٩٣	التثبيض، التضمير ٦٥	للخضلة والجاقة ٢٧٢	التشفافية ١٦٢، ١٦٤
~ والمحماري ٢٩٠-٩١	التجديد أو التجدد ٢٦٢	التروينوات (مولزين الحرارة)	التشويون ١٦٦-١٦٧
~ والغابات المطيرة المدارية	التثقيب ٦١	الترشد الجوي و - ٢٥١، ٢٧٢	السوائل التفرزيونية ٢٠٠، ١٦٦
٢٩٤-٩٥	تجدر الأطعمة ٩٢، ٩٢	الترس ١٢١	الصور التفرزيونية ٢٠٨
~ وغابات المنطقة المعتدلة ٢٩٦	~ والحديد ٧٥	تريشكوبا - فالنتينا ٢٠٢	التلطيح، التلطيح ٢١٨-١٩، ٢٦٧
~ والغلاف الخيوي - ٢٧-٧٢	تغيرات الحالة و - ٢٠	تريشيت - ريتشارد ١٤٤	التلوث ٢٧٢، ٢٧٤-٧٥، ١٢٤
~ والتفصالات وإعادة تدويرها ٢٧٦	التلوية ٢٢٠، ٢٢١	الزواج ٢٦٧	إعادة التدوير و - ٢٧٦
~ واللون والتدوير ٢٨٠	تلوية طبيعية ٢٢٠	التزايق ١٩	~ والاشعاعية ٢٨٢، ٢٨٢
~ والمحيطات ٢٨٦-٨٧	التلوية الكيماوية ٢٢٠	التشازع ١١٩	~ بالخصائص ٢٧٢
~ ومناطق القطبين والتندرا ٢٨٢-٨٢	التحات ٢٢٠-٢١	تسائط النظر ٢٦٤	~ بالسخان ٢٦٢
اجتماع القمة لشؤون - ٤٠٠	الأنهار و - ٢٢٢، ٢٨٨	التسامي، التصعد، التصعيد ٢٠	~ بالمطر الحامضي ٦٨، ٦٩، ٧١
الحفاظ على - الطبيعية ٤٠٠	خط الساحل و - ٢٢٦	التسجيل الصوتي ١٥٥، ١٨٨	~ الضماني ١١٢
حقائق ومعلومات عن - ٤٤٤-٤٤٤	تحات رؤوس البر ٢٢٦	التسجيل الصوتي التلطيحي ١٨٨	~ ومضطبات القدرة ٦٤
	التشوية ٢٢٠	التشجيرات الشريطية ١٥٥، ١٨٨	تلوث المحيطات ٢٨٧
	التحريك والانتقال ٢٥٦	تسجلات القيد ١٦٦، ٢٠٦	تلوث المياه ١١٢
	التحريك بالسطوح ١٨٢	٢٠٨	تلوث الهواء ٧٤، ١١٢، ٢٤٩
	تحلل، تلك، تلكيك	٢٠٨	التلوية (التلطيح اللوني) ٢٠٢
	ال - وإعادة التدوير ٢٧٢، ٢٩٢	٢٠٨	تلماش ١٢٨
	تحلية، إزالة الملوحة ٨٢	تسليو كوفسكي - قسطنطين ٢٩٩	التلماسيح ٢٢١، ٢٤٤
	التحلل الكمي ٦٢	التشيع اللوني (التلوية) ٢٠٢	التلماسيح الأمريكية ٢٢١، ٢٨١
	التحلل الكيماوي ٦٢-٦٣	تشيع الطعام ٩٢	تلماسيح الهند ٢٢١
	التحلل النوعي ٦٢	تشكيل	تتمتو (تزرع شاطئي) ٢٢٧
	التحول ٢٦٢	~ الفرجاج ١١٠	التعد ٥٠
	التخلص من النفايات ١١٢، ٢٧٦	~ اللدائن ١٠١	التعديج ٣٥٦
	تخليق الجزيئات ٥٩	تشين - إرست ١٠٥	تلفجات التهر ٢٢٢
	التخليق الضوئي ٤٩، ٧٤، ٢٤٠	التشكر ٢٤٧، ٢٩١	التلوية ٢٨٠
	~ وتحويلات الطاقة ١٢٨	التشكر ٢٢٢	التناقل (النظر التكاثر) ٢٦٧، ٢٦٥
	~ واليخضور ٣٥	التشكر ٢٢٢	التناضح ٢٤١
	~ واليخضور ٣٥	التشكر ٢٢٢	تثانين كموي ٢٢٠
	~ واليخضور ٣٥	التشكر ٢٢٢	التننن بالاحوال الجوية



- التفتية الكهربائية ٦٧  
التواترات ٢٢١  
توازن ١١٧  
~ التفاعلات ٥٤  
~ قوى الدوران والتدوير ١٢٤  
~ مشتق ١٢٤  
توافق ١٨٦  
التوافقات ١٨٦  
التوازن ٢٢١، ٣٠  
ثوت الارض (الغريز) ٣٦٦  
الثور السطحي ١٢٨، ١٩  
الثود ٣٦٧، ٣٦٩  
ثور (وحدة ضغط) ١٢٧  
تورنغ - أل ١٧٥  
توربيلي - إينافجليستا ١٢٧  
التوصيل ١٤٢  
توكاماك ١٢٧  
تومبوغ - كلايد ٢٩٢  
تويجات (تيلات) ٢١٨  
تيار الخليج ٢٣٥  
التيار الكهربائي ١٤٨ - ٤٩  
التيار المتناوب ١٥٩، ١٦٠  
التيار المستقيم ١٥٩، ١٦٠  
تيارات الحمل (الحراري) ١٤٢، ٢٥٥، ٢٦٠، ٢٦٢  
التيارات الدائرية ٢٣٥  
التيارات الضخمة ٢٣٥، ٢٤٤  
التيارات الفائتات (الناغوريات) ٢٥٤  
تيان ٢٩١  
التيتانيوم ٢٧، ٢٢  
التيتيك ١٨٥، ٢٦٢  
تيفليا ٢٩٢  
التيفا الغربية الوري ٢٨٨  
التيفونات (الاعاصير المدارية) ٢٥٨  
تيتال - جون ٢٦٦  
ث  
ثالث فوسفات الاديوسين (آ ت ب) ٤٣-٢٤٦  
ثاني أكسيد الكبريت  
تلوث الهواء ب ~ ~ ~ ٤٥، ٢٣١  
حامض الكبريتيك من ~ ~ ~ ٨٩  
ثاني أكسيد الكربون ٤٠  
إختيار تعرف ~ ~ ~ ١٠٤  
~ ~ ~ والتخليق الضوئي ٦٥، ٢٤٠  
~ ~ ~ الجليدي ٢٠  
~ ~ ~ وظاهرة التفتيات ٤٠، ٢٤٧، ٢٧٢  
~ ~ ~ والغابات المطيرة ٢٩٥  
~ ~ ~ في الهواء ٧٤  
~ ~ ~ والمطر الحمضي ٢٣١  
~ ~ ~ والوقد الأحفورية ١٣٥  
دورة الكربون و ~ ~ ~ ٢٧٢  
ثاني أكسيد النتروجين ٥٤  
ثاني فوسفات الاديوسين (آد ب) ٤٣، ٢٤٦  
التريا ٢٨٠  
التعالب ٢٧٩، ٢٩٧  
ثقلب الفتك ١٤٢، ٢٩٠  
التعلب القمي ٢٩٠  
ثعلب الماء ٢٨٨، ٤٠  
ثقاب - عيدان ال ~ ٥٢، ٢٢  
ثقوب سوداء ٢٨١  
ثلاجات، برادات ٥١، ٩٢، ١٥١  
الثلج ٢٦٦، ٤١٦  
~ وتكون المطر ٢٦٥، ٢٦٤  
~ والجليد ٢٢٨  
خط ~ ٢٨٤  
ثلاثية الفعن - شريحة ~ ~ ١٤١  
ثور (إله الرعد) ٢٥٧  
الثورة الصناعية ٢٢٨، ٧٤  
ثيابل التو ٢٨١، ٢٩٢  
ثيران التيت ٢٨٤  
ثيران الجسك ٢٨٢  
ج  
الجاذبية ١١٥، ١٢٢  
~ الارضية ١٢٢، ١٢٥  
~ وإنعدام الوزن ٢٠٢  
~ وشرعة الإفلات ٢٩٩  
~ والشرعة الانتهاية ١١٩  
~ الصغرية ٣٠٤  
~ والطاقة الكامنة ١٢٢  
~ في النظام الشمسي ٢٨٢  
~ والمجرات ٢٧٦، ٢٧٥  
~ والنجوم ٢٨٠  
~ والنظرية النسبية ٢٨١  
ضغط الهواء بفعل ~ ٢٥٠  
جاسيرا - كويكب ~ ٢٩٤  
جاكار - جوزيف ١٧٤  
جالي - جوهان ٢٩٢  
جاليات (مشتغرات) الطيور ٢٧٨  
جاماو - جورج ٢٧٥  
جاشين - زكاريس ٢٢٨  
جانيميد ٢٩٠  
جاودك - جوزون ١٩٩  
الجبال (البيئات) ٢٨٤  
~ والطقس ٢٤٩  
~ والفيارات الثلجية ٢٦٦  
~ كاتظمة بيئية ٢٧١  
درجات الحرارة في ~ ٢٥١  
ضغط الهواء عل ~ ٢٥١، ١٢٧  
كميات المطر في ~ ٢٦٤  
شخاخ ~ ٢٤٤  
نشوء ~ ٢١٨-١٩  
جبال الألب ٢٥٤، ٢٨٤  
جبال الأندين ٢٥٤، ٢٨٤  
جبال الجليد ٢٢٨-٢٦٣  
جبال الروكين ٢٨٤  
~ وظل المطر ٢٦٥  
جبال الطي ٢١٨-١٩٩  
الجبال الكتلية ٢١٨  
الجبال الميحادية ٢٣٠  
جبال الهمالايا ٢١٨، ٢٨٤  
جبال اليرال ٢١٨  
الجيس ٢٢  
بلورات ~ ٢٠  
~ ومقياس موفز ٢٢١، ٤٦٥  
جبيل أولفيس ٢٨٩  
جبيل بيناثوي ٢٤٧  
جبيل قورجي ٢١٧  
جبيل فيروز ٢١٦  
جبيل القديسة ٢١٦  
~ كينيا ٢٨٤  
جبيل واي إيلاني ٢٦٤، ٤١٦  
الجبين ٨٠، ٩٢، ٢١٥  
الجبينات الباردة ٢٥٢، ٢٧٠  
الجبينات النافذة ٢٥٢، ٢٧٠  
جبينات مؤتجة ٢٥٢، ٢٧٠  
الجبينات الشاخية ٢٥٢، ٢٧٠  
الجبين، الثلج ٢٢٧  
جبيلات التفسور ٢٢٩، ٢٤٠  
الجبيلات الغرائبية ٢٢٢  
جدار الصوت ١٧٧، ١٧٩  
الجبيل الدوري ٢٢-٢٣، ٤٠-٢  
الجبليات ٢٣٥، ٤٢١  
الجراليم أنظر البكتريا والخمات  
جراة ليزرية ١٩٩  
الجزر الشفوية ٢٩٠  
الجزف (المشور الشافقة) ٢١٤  
الجزف الشاطئي ٢٢٧  
جزف صخرية ٢٢١  
الجرانيم ٢٢  
جربيلد  
الاغنية الجليدية في ~ ٢٢٩، ٢٤٦  
الثلج ~ ~ ٢٦٦  
مئاع ~ ٢٢٨  
الجزر - المد و ~ ٢٢٥  
جزر الشعاب المرجانية ٢٢٤  
الجزع ١٢١  
الجزريات ٢٤  
تكسير ~ الكبيرة بالحفر ٥٧  
عد ~ ٥٢  
~ وانتقال الحرارة ١٤٢  
~ ودرجة الحرارة ١٤٠، ١٤١  
~ والروابط الإسهامية ٢٩  
~ في المحاليل ٦٠  
~ في المتكورات ٤١، ١٠٠  
~ والنظرية الخركية ٥٠  
جسر قصيق تاكوما ١٢٦  
الجسم البشري  
الأغصاف في ~ ~ ٢٦٠  
إغتذاء ~ ~ ٢٤٢  
بدائل ~ ~ الاصطناعية ١١١  
البيئة الداخلية في ~ ~ ٢٥٠-٢٥٠  
٥١  
التنفس الخلوي في ~ ~ ٢٤٦  
التنفس ~ ~ ٢٤٧  
~ ~ وإنعدام الوزن ٢٠٢  
~ ~ والتفاضل ٢٦٨  
~ ~ والخركة ٢٥٦  
~ ~ والطب ١٠٤-٥٠  
خوام ~ ~ ٢٥٨-٥٩  
الدورة الدموية في ~ ~ ٢٤٩  
الغضلات في ~ ~ ٢٥٥  
كيمياء ~ ~ ٧٦-٧٧  
المختوى الثاني في ~ ~ ٧٥  
نفو ~ ~ وشقوره ٢٢٢-٢٢٣  
«الجزر الحرارية ٢٤٤  
الجبشور ١١٧، ١٤١  
~ العتية ١١٧  
~ القنطرية ١١٧  
جبشور منطقة ١١٧  
الجسيمات  
جسيمات الجوامد ١٨  
جسيمات المشاغل ١٨  
جسيمات الغازات ١٨  
~ دون الذرية ١٧، ٢٤-٢٥، ١١٢  
~ والريخ الشمسية ٢١٢  
~ والضوء ١٩٠، ١٩١  
~ ونظرية التصادم ٥٥  
~ والنظرية الخركية ٥٠  
مسارعات ~ ٢٥، ١٣٧  
الجسيمات المشحونة ٢١٢  
لجمل الجراج ٢٥٩  
الجغور ٢٩٤  
الجباف ٢٦٥  
الأسماك الزفوية و ~ ٢٨١  
غرة ~ الأطول ٤١٦  
دورات ~ ٢٤٢  
جلالة اللون ٣٠٢  
جلاباجوس - جزر ٢٠٩، ٢٢٠  
جلاشو - غيلدن ١١٥  
جلندر - وليم ١٤٥، ٢١٢  
الجلد ٢٢٠، ٢٥٤  
الجلد ٢٢٦  
الجلد ٢٢٨، ٢٩-٢٢٨، ٢٦٨  
~ وتفتيات الحالة ٢٦  
~ وتكون المطر ٢٤٤  
~ وخبات الورد ٢٦٧  
~ ودرجة الحرارة ١٤٠  
~ والشك ٢٦٠  
~ والصقيع ٢٦٨  
~ والكشف الثلجي ٢٦٦  
~ والمناطق القطبية ٢٨٢  
~ والمذنبات ٢٩٥  
الجلد الجاف ٢٠  
جليلير - جيس ٢٤٩  
الجبال ٢٤٢، ٢٩٠  
الجبشقة، القطف ٢٢٦، ٢٥٢  
جمع القوى وشقلائيها ١١٦  
الجللة العصبية  
البيئة الداخلية في ~ ~ ٢٥٠  
الأماغ و ~ ~ ٢٦١  
الغضلات و ~ ~ ٢٥٥  
جملة الغدد الشم ٢٥١  
الجملة التفتية ٢٥١  
الجبانب  
آذان ~ ٢٥٨  
أعصاب ~ ٢٦٠  
~ والتخول ٢٦٢  
~ والتغوية ٢٨٠  
هرير ~ ١٨٢  
الجبينات الكريوزوتية ٢٩١  
جندوانا ٢١٥  
جندر - إدوارد ١٠٥  
الجبش ٢١٠  
الجبش البشري ٢٢٦  
الجبين ٢٦٨  
جندارة الصوت والصجيج ١٨١  
أنظر أيضا الصوت  
الجبز ٢٤٨-٢٨٧، ٢٨٧  
جو الزهرة ٢٨٦  
جو المشتري ٢٩٠  
~ والإشعاع ٢٩٨  
~ والجبينات ٢٥٢  
جبل قورجي ٢١٧  
جبل فيروز ٢١٦  
جبل القديسة ٢١٦  
~ كينيا ٢٨٤  
جبل واي إيلاني ٢٦٤، ٤١٦  
الجبين ٨٠، ٩٢، ٢١٥  
الجبينات الباردة ٢٥٢، ٢٧٠  
الجبينات النافذة ٢٥٢، ٢٧٠  
جبينات مؤتجة ٢٥٢، ٢٧٠  
الجبينات الشاخية ٢٥٢، ٢٧٠  
الجبين، الثلج ٢٢٧  
جبيلات التفسور ٢٢٩، ٢٤٠  
الجبيلات الغرائبية ٢٢٢  
جدار الصوت ١٧٧، ١٧٩  
الجبيل الدوري ٢٢-٢٣، ٤٠-٢  
الجبليات ٢٣٥، ٤٢١  
الجراليم أنظر البكتريا والخمات  
جراة ليزرية ١٩٩  
الجزر الشفوية ٢٩٠  
الجزف (المشور الشافقة) ٢١٤  
الجزف الشاطئي ٢٢٧  
جزف صخرية ٢٢١  
الجرانيم ٢٢  
جربيلد  
الاغنية الجليدية في ~ ٢٢٩، ٢٤٦  
الثلج ~ ~ ٢٦٦  
مئاع ~ ٢٢٨  
الجزر - المد و ~ ٢٢٥  
جزر الشعاب المرجانية ٢٢٤  
الجزع ١٢١  
الجزريات ٢٤  
تكسير ~ الكبيرة بالحفر ٥٧  
عد ~ ٥٢  
~ وانتقال الحرارة ١٤٢  
~ ودرجة الحرارة ١٤٠، ١٤١  
~ والروابط الإسهامية ٢٩  
~ في المحاليل ٦٠  
~ في المتكورات ٤١، ١٠٠  
~ والنظرية الخركية ٥٠  
جسر قصيق تاكوما ١٢٦  
الجسم البشري  
الأغصاف في ~ ~ ٢٦٠  
إغتذاء ~ ~ ٢٤٢  
بدائل ~ ~ الاصطناعية ١١١  
البيئة الداخلية في ~ ~ ٢٥٠-٢٥٠  
٥١  
التنفس الخلوي في ~ ~ ٢٤٦  
التنفس ~ ~ ٢٤٧  
~ ~ وإنعدام الوزن ٢٠٢  
~ ~ والتفاضل ٢٦٨  
~ ~ والخركة ٢٥٦  
~ ~ والطب ١٠٤-٥٠  
خوام ~ ~ ٢٥٨-٥٩  
الدورة الدموية في ~ ~ ٢٤٩  
الغضلات في ~ ~ ٢٥٥  
كيمياء ~ ~ ٧٦-٧٧  
المختوى الثاني في ~ ~ ٧٥  
نفو ~ ~ وشقوره ٢٢٢-٢٢٣  
«الجزر الحرارية ٢٤٤  
الجبشور ١١٧، ١٤١  
~ العتية ١١٧  
~ القنطرية ١١٧  
جبشور منطقة ١١٧  
الجسيمات  
جسيمات الجوامد ١٨  
جسيمات المشاغل ١٨  
جسيمات الغازات ١٨  
~ دون الذرية ١٧، ٢٤-٢٥، ١١٢  
~ والريخ الشمسية ٢١٢  
~ والضوء ١٩٠، ١٩١  
~ ونظرية التصادم ٥٥  
~ والنظرية الخركية ٥٠  
مسارعات ~ ٢٥، ١٣٧  
الجسيمات المشحونة ٢١٢  
لجمل الجراج ٢٥٩  
الجغور ٢٩٤  
الجباف ٢٦٥  
الأسماك الزفوية و ~ ٢٨١  
غرة ~ الأطول ٤١٦  
دورات ~ ٢٤٢  
جلالة اللون ٣٠٢  
جلاباجوس - جزر ٢٠٩، ٢٢٠  
جلاشو - غيلدن ١١٥  
جلندر - وليم ١٤٥، ٢١٢  
الجلد ٢٢٠، ٢٥٤  
الجلد ٢٢٦  
الجلد ٢٢٨، ٢٩-٢٢٨، ٢٦٨  
~ وتفتيات الحالة ٢٦  
~ وتكون المطر ٢٤٤  
~ وخبات الورد ٢٦٧  
~ ودرجة الحرارة ١٤٠  
~ والشك ٢٦٠  
~ والصقيع ٢٦٨  
~ والكشف الثلجي ٢٦٦  
~ والمناطق القطبية ٢٨٢  
~ والمذنبات ٢٩٥  
الجلد الجاف ٢٠  
جليلير - جيس ٢٤٩  
الجبال ٢٤٢، ٢٩٠  
الجبشقة، القطف ٢٢٦، ٢٥٢  
جمع القوى وشقلائيها ١١٦  
الجللة العصبية  
البيئة الداخلية في ~ ~ ٢٥٠  
الأماغ و ~ ~ ٢٦١  
الغضلات و ~ ~ ٢٥٥  
جملة الغدد الشم ٢٥١  
الجملة التفتية ٢٥١  
الجبانب  
آذان ~ ٢٥٨  
أعصاب ~ ٢٦٠  
~ والتخول ٢٦٢  
~ والتغوية ٢٨٠  
هرير ~ ١٨٢  
الجبينات الكريوزوتية ٢٩١  
جندوانا ٢١٥  
جندر - إدوارد ١٠٥  
الجبش ٢١٠  
الجبش البشري ٢٢٦  
الجبين ٢٦٨  
جندارة الصوت والصجيج ١٨١  
أنظر أيضا الصوت  
الجبز ٢٤٨-٢٨٧، ٢٨٧  
جو الزهرة ٢٨٦  
جو المشتري ٢٩٠  
~ والإشعاع ٢٩٨  
~ والجبينات ٢٥٢  
جبل قورجي ٢١٧  
جبل فيروز ٢١٦  
جبل القديسة ٢١٦  
~ كينيا ٢٨٤  
جبل واي إيلاني ٢٦٤، ٤١٦  
الجبين ٨٠، ٩٢، ٢١٥  
الجبينات الباردة ٢٥٢، ٢٧٠  
الجبينات النافذة ٢٥٢، ٢٧٠  
جبينات مؤتجة ٢٥٢، ٢٧٠  
الجبينات الشاخية ٢٥٢، ٢٧٠  
الجبين، الثلج ٢٢٧  
جبيلات التفسور ٢٢٩، ٢٤٠  
الجبيلات الغرائبية ٢٢٢  
جدار الصوت ١٧٧، ١٧٩  
الجبيل الدوري ٢٢-٢٣، ٤٠-٢  
الجبليات ٢٣٥، ٤٢١  
الجراليم أنظر البكتريا والخمات  
جراة ليزرية ١٩٩  
الجزر الشفوية ٢٩٠  
الجزف (المشور الشافقة) ٢١٤  
الجزف الشاطئي ٢٢٧  
جزف صخرية ٢٢١  
الجرانيم ٢٢  
جربيلد  
الاغنية الجليدية في ~ ٢٢٩، ٢٤٦  
الثلج ~ ~ ٢٦٦  
مئاع ~ ٢٢٨  
الجزر - المد و ~ ٢٢٥  
جزر الشعاب المرجانية ٢٢٤  
الجزع ١٢١  
الجزريات ٢٤  
تكسير ~ الكبيرة بالحفر ٥٧  
عد ~ ٥٢  
~ وانتقال الحرارة ١٤٢  
~ ودرجة الحرارة ١٤٠، ١٤١  
~ والروابط الإسهامية ٢٩  
~ في المحاليل ٦٠  
~ في المتكورات ٤١، ١٠٠  
~ والنظرية الخركية ٥٠  
جسر قصيق تاكوما ١٢٦  
الجسم البشري  
الأغصاف في ~ ~ ٢٦٠  
إغتذاء ~ ~ ٢٤٢  
بدائل ~ ~ الاصطناعية ١١١  
البيئة الداخلية في ~ ~ ٢٥٠-٢٥٠  
٥١  
التنفس الخلوي في ~ ~ ٢٤٦  
التنفس ~ ~ ٢٤٧  
~ ~ وإنعدام الوزن ٢٠٢  
~ ~ والتفاضل ٢٦٨  
~ ~ والخركة ٢٥٦  
~ ~ والطب ١٠٤-٥٠  
خوام ~ ~ ٢٥٨-٥٩  
الدورة الدموية في ~ ~ ٢٤٩  
الغضلات في ~ ~ ٢٥٥  
كيمياء ~ ~ ٧٦-٧٧  
المختوى الثاني في ~ ~ ٧٥  
نفو ~ ~ وشقوره ٢٢٢-٢٢٣  
«الجزر الحرارية ٢٤٤  
الجبشور ١١٧، ١٤١  
~ العتية ١١٧  
~ القنطرية ١١٧  
جبشور منطقة ١١٧  
الجسيمات  
جسيمات الجوامد ١٨  
جسيمات المشاغل ١٨  
جسيمات الغازات ١٨  
~ دون الذرية ١٧، ٢٤-٢٥، ١١٢  
~ والريخ الشمسية ٢١٢  
~ والضوء ١٩٠، ١٩١  
~ ونظرية التصادم ٥٥  
~ والنظرية الخركية ٥٠  
مسارعات ~ ٢٥، ١٣٧  
الجسيمات المشحونة ٢١٢  
لجمل الجراج ٢٥٩  
الجغور ٢٩٤  
الجباف ٢٦٥  
الأسماك الزفوية و ~ ٢٨١  
غرة ~ الأطول ٤١٦  
دورات ~ ٢٤٢  
جلالة اللون ٣٠٢  
جلاباجوس - جزر ٢٠٩، ٢٢٠  
جلاشو - غيلدن ١١٥  
جلندر - وليم ١٤٥، ٢١٢  
الجلد ٢٢٠، ٢٥٤  
الجلد ٢٢٦  
الجلد ٢٢٨، ٢٩-٢٢٨، ٢٦٨  
~ وتفتيات الحالة ٢٦  
~ وتكون المطر ٢٤٤  
~ وخبات الورد ٢٦٧  
~ ودرجة الحرارة ١٤٠  
~ والشك ٢٦٠  
~ والصقيع ٢٦٨  
~ والكشف الثلجي ٢٦٦  
~ والمناطق القطبية ٢٨٢  
~ والمذنبات ٢٩٥  
الجلد الجاف ٢٠  
جليلير - جيس ٢٤٩  
الجبال ٢٤٢، ٢٩٠  
الجبشقة، القطف ٢٢٦، ٢٥٢  
جمع القوى وشقلائيها ١١٦  
الجللة العصبية  
البيئة الداخلية في ~ ~ ٢٥٠  
الأماغ و ~ ~ ٢٦١  
الغضلات و ~ ~ ٢٥٥  
جملة الغدد الشم ٢٥١  
الجملة التفتية ٢٥١  
الجبانب  
آذان ~ ٢٥٨  
أعصاب ~ ٢٦٠  
~ والتخول ٢٦٢  
~ والتغوية ٢٨٠  
هرير ~ ١٨٢  
الجبينات الكريوزوتية ٢٩١  
جندوانا ٢١٥  
جندر - إدوارد ١٠٥  
الجبش ٢١٠  
الجبش البشري ٢٢٦  
الجبين ٢٦٨  
جندارة الصوت والصجيج ١٨١  
أنظر أيضا الصوت  
الجبز ٢٤٨-٢٨٧، ٢٨٧  
جو الزهرة ٢٨٦  
جو المشتري ٢٩٠  
~ والإشعاع ٢٩٨  
~ والجبينات ٢٥٢  
جبل قورجي ٢١٧  
جبل فيروز ٢١٦  
جبل القديسة ٢١٦  
~ كينيا ٢٨٤  
جبل واي إيلاني ٢٦٤، ٤١٦  
الجبين ٨٠، ٩٢، ٢١٥  
الجبينات الباردة ٢٥٢، ٢٧٠  
الجبينات النافذة ٢٥٢، ٢٧٠  
جبينات مؤتجة ٢٥٢، ٢٧٠  
الجبينات الشاخية ٢٥٢، ٢٧٠  
الجبين، الثلج ٢٢٧  
جبيلات التفسور ٢٢٩، ٢٤٠  
الجبيلات الغرائبية ٢٢٢  
جدار الصوت ١٧٧، ١٧٩  
الجبيل الدوري ٢٢-٢٣، ٤٠-٢  
الجبليات ٢٣٥، ٤٢١  
الجراليم أنظر البكتريا والخمات  
جراة ليزرية ١٩٩  
الجزر الشفوية ٢٩٠  
الجزف (المشور الشافقة) ٢١٤  
الجزف الشاطئي ٢٢٧  
جزف صخرية ٢٢١  
الجرانيم ٢٢  
جربيلد  
الاغنية الجليدية في ~ ٢٢٩، ٢٤٦  
الثلج ~ ~ ٢٦٦  
مئاع ~ ٢٢٨  
الجزر - المد و ~ ٢٢٥  
جزر الشعاب المرجانية ٢٢٤  
الجزع ١٢١  
الجزريات ٢٤  
تكسير ~ الكبيرة بالحفر ٥٧  
عد ~ ٥٢  
~ وانتقال الحرارة ١٤٢  
~ ودرجة الحرارة ١٤٠، ١٤١  
~ والروابط الإسهامية ٢٩  
~ في المحاليل ٦٠  
~ في المتكورات ٤١، ١٠٠  
~ والنظرية الخركية ٥٠  
جسر قصيق تاكوما ١٢٦  
الجسم البشري  
الأغصاف في ~ ~ ٢٦٠  
إغتذاء ~ ~ ٢٤٢  
بدائل ~ ~ الاصطناعية ١١١  
البيئة الداخلية في ~ ~ ٢٥٠-٢٥٠  
٥١  
التنفس الخلوي في ~ ~ ٢٤٦  
التنفس ~ ~ ٢٤٧  
~ ~ وإنعدام الوزن ٢٠٢  
~ ~ والتفاضل ٢٦٨  
~ ~ والخركة ٢٥٦  
~ ~ والطب ١٠٤-٥٠  
خوام ~ ~ ٢٥٨-٥٩  
الدورة الدموية في ~ ~ ٢٤٩  
الغضلات في ~ ~ ٢٥٥  
كيمياء ~ ~ ٧٦-٧٧  
المختوى الثاني في ~ ~ ٧٥  
نفو ~ ~ وشقوره ٢٢٢-٢٢٣  
«الجزر الحرارية ٢٤٤  
الجبشور ١١٧، ١٤١  
~ العتية ١١٧  
~ القنطرية ١١٧  
جبشور منطقة ١١٧  
الجسيمات  
جسيمات الجوامد ١٨  
جسيمات المشاغل ١٨  
جسيمات الغازات ١٨  
~ دون الذرية ١٧، ٢٤-٢٥، ١١٢  
~ والريخ الشمسية ٢١٢  
~ والضوء ١٩٠، ١٩١  
~ ونظرية التصادم ٥٥  
~ والنظرية الخركية ٥٠  
مسارعات ~ ٢٥، ١٣٧  
الجسيمات المشحونة ٢١٢  
لجمل الجراج ٢٥٩  
الجغور ٢٩٤  
الجباف ٢٦٥  
الأسماك الزفوية و ~ ٢٨١  
غرة ~ الأطول ٤١٦  
دورات ~ ٢٤٢  
جلالة اللون ٣٠٢  
جلاباجوس - جزر ٢٠٩، ٢٢٠  
جلاشو - غيلدن ١١٥  
جلندر - وليم ١٤٥، ٢١٢  
الجلد ٢٢٠، ٢٥٤  
الجلد ٢٢٦  
الجلد ٢٢٨، ٢٩-٢٢٨، ٢٦٨  
~ وتفتيات الحالة ٢٦  
~ وتكون المطر ٢٤٤  
~ وخبات الورد ٢٦٧  
~ ودرجة الحرارة ١٤٠  
~ والشك ٢٦٠  
~ والصقيع ٢٦٨  
~ والكشف الثلجي ٢٦٦  
~ والمناطق القطبية ٢٨٢  
~ والمذنبات ٢٩٥  
الجلد الجاف ٢٠  
جليلير - جيس ٢٤٩  
الجبال ٢٤٢، ٢٩٠  
الجبشقة، القطف ٢٢٦، ٢٥٢  
جمع القوى وشقلائيها ١١٦  
الجللة العصبية  
البيئة الداخلية في ~ ~ ٢٥٠  
الأماغ و ~ ~ ٢٦١  
الغضلات و ~ ~ ٢٥٥  
جملة الغدد الشم ٢٥١  
الجملة التفتية ٢٥١  
الجبانب  
آذان ~ ٢٥٨  
أعصاب ~ ٢٦٠  
~ والتخول ٢٦٢  
~ والتغوية ٢٨٠  
هرير ~ ١٨٢  
الجبينات الكريوزوتية ٢٩١  
جندوانا ٢١٥  
جندر - إدوارد ١٠٥  
الجبش ٢١٠  
الجبش البشري ٢٢٦  
الجبين ٢٦٨  
جندارة الصوت والصجيج ١٨١  
أنظر أيضا الصوت  
الجبز ٢٤٨-٢٨٧، ٢٨٧  
جو الزهرة ٢٨٦  
جو المشتري ٢٩٠  
~ والإشعاع ٢٩٨  
~ والجبينات ٢٥٢  
جبل قورجي ٢١٧  
جبل فيروز ٢١٦  
جبل القديسة ٢١٦  
~ كينيا ٢٨٤  
جبل واي إيلاني ٢٦٤، ٤١٦  
الجبين ٨٠، ٩٢، ٢١٥  
الجبينات الباردة ٢٥٢، ٢٧٠  
الجبينات النافذة ٢٥٢، ٢٧٠  
جبينات مؤتجة ٢٥٢، ٢٧٠  
الجبينات الشاخية ٢٥٢، ٢٧٠  
الجبين، الثلج ٢٢٧  
جبيلات التفسور ٢٢٩، ٢٤٠  
الجبيلات الغرائبية ٢٢٢  
جدار الصوت ١٧٧، ١٧٩  
الجبيل الدوري ٢٢-٢٣، ٤٠-٢  
الجبليات ٢٣٥، ٤٢١  
الجراليم أنظر البكتريا والخمات  
جراة ليزرية ١٩٩  
الجزر الشفوية ٢٩٠  
الجزف (المشور الشافقة) ٢١٤  
الجزف الشاطئي ٢٢٧  
جزف صخرية ٢٢١  
الجرانيم ٢٢  
جربيلد  
الاغنية الجليدية في ~ ٢٢٩، ٢٤٦  
الثلج ~ ~ ٢٦٦  
مئاع ~ ٢٢٨  
الجزر - المد و ~ ٢٢٥  
جزر الشعاب المرجانية ٢٢٤  
الجزع ١٢١  
الجزريات ٢٤  
تكسير ~ الكبيرة بالحفر ٥٧  
عد ~ ٥٢  
~ وانتقال الحرارة ١٤٢  
~ ودرجة الحرارة ١٤٠، ١٤١  
~ والروابط الإسهامية ٢٩  
~ في المحاليل ٦٠  
~ في المتكورات ٤١، ١٠٠  
~ والنظرية الخركية ٥٠  
جسر قصيق تاكوما ١٢٦  
الجسم البشري  
الأغصاف في ~ ~ ٢٦٠  
إغتذاء ~ ~ ٢٤٢  
بدائل ~ ~ الاصطناعية ١١١  
البيئة الداخلية في ~ ~ ٢٥٠-٢٥٠  
٥١  
التنفس الخلوي في ~ ~ ٢٤٦  
التنفس ~ ~ ٢٤٧  
~ ~ وإنعدام الوزن ٢٠٢  
~ ~ والتفاضل ٢٦٨  
~ ~ والخركة ٢٥٦  
~ ~ والطب ١٠٤-٥٠  
خوام ~ ~ ٢٥٨-٥٩  
الدورة الدموية في ~ ~ ٢٤٩  
الغضلات في ~ ~ ٢٥٥  
كيمياء ~ ~ ٧٦-٧٧  
المختوى الثاني في ~ ~ ٧٥  
نفو ~ ~ وشقوره ٢٢٢-٢٢٣  
«الجزر الحرارية ٢٤٤  
الجبشور ١١٧، ١٤١  
~ العتية ١١٧  
~ القنطرية ١١٧  
جبشور منطقة ١١٧  
الجسيمات  
جسيمات الجوامد ١٨  
جسيمات المشاغل ١٨  
جسيمات الغازات ١٨  
~ دون الذرية ١٧، ٢٤-٢٥، ١١٢  
~ والريخ الشمسية ٢١٢  
~ والضوء ١٩٠، ١٩١  
~ ونظرية التصادم ٥٥  
~ والنظرية الخركية ٥٠  
مسارعات ~ ٢٥، ١٣٧  
الجسيمات المشحونة ٢١٢  
لجمل الجراج ٢٥٩  
الجغور ٢٩٤  
الجباف ٢٦٥  
الأسماك الزفوية و ~ ٢٨١  
غرة ~ الأطول ٤١٦  
دورات ~ ٢٤٢  
جلالة اللون ٣٠٢  
جلاباجوس - جزر ٢٠٩، ٢٢٠  
جلاشو - غيلدن ١١٥  
جلندر - وليم ١٤٥، ٢١٢  
الجلد ٢٢٠، ٢٥٤  
الجلد ٢٢٦  
الجلد ٢٢٨، ٢٩-٢٢٨، ٢٦٨  
~ وتفتيات الحالة ٢٦  
~ وتكون المطر ٢٤٤  
~ وخبات الورد ٢٦٧  
~ ودرجة الحرارة ١٤٠  
~ والشك ٢٦٠  
~ والصقيع ٢٦٨  
~ والكشف الثلجي ٢٦٦  
~ والمناطق القطبية ٢٨٢  
~ والمذنبات ٢٩٥  
الجلد الجاف ٢٠  
جليلير - جيس ٢٤٩  
الجبال ٢٤٢، ٢٩٠  
الجبشقة، القطف ٢٢٦، ٢٥٢  
جمع القوى وشقلائيها ١١٦  
الجللة العصبية  
البيئة الداخلية في ~ ~ ٢٥٠  
الأماغ و ~ ~ ٢٦١  
الغضلات و ~ ~ ٢٥٥  
جملة الغدد الشم ٢٥١  
الجملة التفتية ٢٥١  
الجبانب  
آذان ~ ٢٥٨  
أعصاب ~ ٢٦٠  
~ والتخول ٢٦٢  
~ والتغوية ٢٨٠  
هرير ~ ١٨٢  
الجبينات الكريوزوتية ٢٩١  
جندوانا ٢١٥  
جندر - إدوارد ١٠٥  
الجبش ٢١٠  
الجبش البشري ٢٢٦  
الجبين ٢٦٨  
جندارة الصوت والصجيج ١٨١  
أنظر أيضا الصوت  
الجبز ٢٤٨-٢٨٧، ٢٨٧  
جو الزهرة ٢٨٦  
جو المشتري ٢٩٠  
~ والإشعاع ٢٩٨  
~ والجبينات ٢٥٢  
جبل قورجي ٢١٧  
جبل فيروز ٢١٦  
جبل القديسة ٢١٦  
~ كينيا ٢٨٤  
جبل واي إيلاني ٢٦٤، ٤١٦  
الجبين ٨٠، ٩٢، ٢١٥  
الجبينات الباردة ٢٥٢، ٢٧٠  
الجبينات النافذة ٢٥٢، ٢٧٠  
جبينات مؤتجة ٢٥٢، ٢٧٠  
الجبينات الشاخية ٢٥٢، ٢٧٠  
الجبين، الثلج ٢٢٧  
جبيلات التفسور ٢٢٩، ٢٤٠  
الجبيلات الغرائبية ٢٢٢  
جدار الصوت ١٧٧، ١٧٩  
الجبيل الدوري ٢٢-٢٣، ٤٠-٢  
الجبليات ٢٣٥، ٤٢١  
الجراليم أنظر البكتريا والخمات  
جراة ليزرية ١٩٩  
الجزر الشفوية ٢٩٠  
الجزف (المشور الشافقة) ٢١٤  
الجزف الشاطئي ٢٢٧  
جزف صخرية ٢٢١  
الجرانيم ٢٢  
جربيلد  
الاغنية الجليدية في ~ ٢٢٩، ٢٤٦  
الثلج ~ ~ ٢٦٦  
مئاع ~ ٢٢٨  
الجزر - المد و ~ ٢٢٥  
جزر الشعاب المرجانية ٢٢٤  
الجزع ١٢١  
الجزريات ٢٤  
تكسير ~ الكبيرة بالحفر ٥٧  
عد ~ ٥٢  
~ وانتقال الحرارة ١٤٢  
~ ودرجة الحرارة ١٤٠، ١٤١  
~ والروابط الإسهامية ٢٩  
~ في المحاليل ٦٠  
~ في المتكورات ٤١، ١٠٠  
~ والنظرية الخركية ٥٠  
جسر قصيق تاكوما ١٢٦  
الجسم البشري  
الأغصاف في ~ ~ ٢٦٠  
إغتذاء ~ ~ ٢٤٢  
بدائل ~ ~ الاصطناعية ١١١  
البيئة الداخلية في ~ ~ ٢٥٠-٢٥٠  
٥١  
التنفس الخلوي في ~ ~ ٢٤٦  
التنفس ~ ~ ٢٤٧  
~ ~ وإنعدام الوزن ٢٠٢  
~ ~ والتفاضل







تزوجات الحرارة ١٤٠-٤١، ٢٥١  
تأثير - - في سرعة التفاعلات ٥٥  
- - وتغيرات الحالة ٢٠  
- حرارة الجسم ٢٥٠، ٤٢٢  
- - والطقس ٢٥١، ٤١٦  
- حرارة النجوم ٢٧٩  
- - للونية ٢٠٢  
- - والمناخ ٢٤٤، ٢٤٧  
مقاييس - - ١٢٨، ١٤٠، ٤٠٨  
نهرام - وليم ١٧٩  
الزئبق الفضي ١٠٦، ٢٧٦  
الشماعات الزائفة ١١٧  
الذماسيق ٢٨٠  
دفاعات الجسم ٢٥١  
ذئب رافع (خلوي) ١٢٩  
الذئب النفاث ٢٥٧  
الذلافين ١٨٥، ٢٠٨، ٢٢٤  
دلوأت جليدية ٢٦٨  
الشم ٢٤٨، ٢٥٠  
نوزان - ٢٤٩  
هيموغلوبين (يشعور) - ٧٧  
وظائف - ٢٥١  
الذمء ٢٦١  
تحكم - بالعضلات ٢٥٥  
- والإبصار ٢٠٤  
- والشعلة العصبية ٢٦٠  
- والحواس ٢٥٨  
- ومراقبة الجسم ٢٥٠  
د ا (الحامض النووي الرئيسي)  
الخلوص الأكسجين ٢٢٨  
- والانقسام الخلوي ٢٦٢  
- والخلايا ٢١٢  
- وعلوم الطب الشرعي ٦٤  
- والشفائيات ٤٢  
- والوراثة ٢٢٧، ٢٦٤-٥  
الذمءات ١٠٢، ٢٠٢  
الذمءات (اللايفاتيات) ٤١  
الذمءون  
التغذية - ٢٤٢  
كيمياء - ٧٨  
قضم - ٢٤٥  
الغواليب ١٢١  
دويلر - كريستيان ١٨٠  
دوران - قوى ال - والتدوير ١٢٤  
دورة الماء ٢٦١، ٢٧٢  
دورة المغذيات ٢٩٢  
دولاب الدراجة ١٢١  
دولارات الزلل ٢٢٥  
دوما - جيوفارد ١٠٥  
دوني اختراق جدار الصوت ١٧٧، ١٧٩  
الدونيات الحمراء ٢٧٥  
الديناميات، المقصودات ٢٥٤  
ديجينوكسين ١٠٤  
الذيدان ٢٢١  
الجمل العصبي - ٢٦٠  
ديدان الأرض (انظر الخواطين)  
ديدان أعماق البحار ٢٨٦  
الهيكل الداعمة - ٢٥٢  
الديدان الخلقية ٢٢١، ٤٢١  
ديدان الريفتيا ٢٢١، ٢٨٦

الديدان الغزوية ٢٢١، ٢٨٥  
الديدان المتحركة ٢٢١  
الذيدان المزدوجة ٢٤٢  
الديدان المشطحة ٢٢١، ٢٦٠، ٤٢٦  
ديفي - همفري  
إكتشافات - ٦٧  
- والكهولة ٢٤  
- ومصباح الأمان للشغلتين ٢٢٨  
ديمتريوس ٢٤  
ديتلر - غوتليب ١٤٤  
الذيدانوات ١٥٩  
الذيدانوات الحرارية ١٢٨  
الديتوسورات ٢٧٥، ٢٢٠  
أحافير - ٢٢٥، ٢٢٦  
أسماء - ٢٢١  
إلغراض - ٢٢٧، ٢٢١  
تلطو - ٢٠٨  
ديوار - جيمس ١٤٢  
الديتريوم ١٢٦، ١٢٧

ذ

الذباب ٢٧٨، ٤٠٠  
ذاكرة الحاسوب ١٧٤، ١٧٥  
ذاكرة قراءة فقط (رم) ١٧٤  
ذاكرة الوصول العشوائي ١٧٤  
الذباب  
أجنحة - ٢٥٧  
أعين - ٢٠٥  
أبوس - ٢٠٧  
الذباب الخوام ٢٨٠  
ذباب الكاديس ٢٤٢  
الذبابات ١٢٦  
أنظر الاعترافات  
فترة - ١٢٦  
الذبل ٢٢١  
ذري صخرية متغيرة ٢٢٩  
ذراع التحكم في الحاسوب ١٧٢  
ذكاء الحواسيب ١٧٥  
ذكور الضفادع ٢٢٨  
الذهب ٢٦، ٢٧-٢٧  
إختبار - ٦٢  
تفاعلية - ١٦٠، ٤٠٥  
- كنتاج ثانوي في استخراج النحاس ٨٦  
نقاوة - ٥٩  
ذهبي الثقلين ٦٢  
الذواكل (الصفدييات الذيلية)  
٢٢٩، ٢٢٨  
ذوات الفلقتين ٢٢٨، ٤٢٠  
ذوات البشراغين ٢٢٤  
الذويانية ٢٢  
الذوق ٢٥٩  
ذيل شهابي للقبض ٢٩٥  
ذبول الخيل (الشحوب) ٢٦١

و

وئات ٢٤٧  
ال - والدورة الدموية ٢٤٨  
الطيور ٢٢٢  
واتينج ١٠٦، ٢٢٥، ٢١٧

واتينج إيونكسي ١٠٦  
واتينجية بيتنكا ٢١٧  
راج - كليفت ٢٥٨  
رند، ساق مادة ٢٦٦  
الزئبق ٤٨  
الزئبق ١٦٤-١٥٥  
الأمواج الراديوية ١٦٤-١٦٥، ١٧٧  
- والإلكترونيات ١٦٨  
- والطيف الكهرومغناطيسي ١٦٢  
- والهوائيات ١٦٢  
علم الفلك الراديوي ٢٩٨، ٢٩٩  
مضيق الجهارة في جهاز - ١٥٢  
الزئبق ٢٦، ٢٥  
رأسيات الأقدام ٢٢٤  
الزئبقات ٢٤٢، ٢٧٩  
راشزي - الشير وليم ٤٨، ٧٤  
زائد - شالي ٢٠٢  
الزئبقات ٢٢٦  
رايلي - اللورد ٤٨، ٧٤  
الرايون (الحبر المصنعي) ٨٩، ١٠٧  
الزئبق ١٠٥  
الزئبق ٢٩١  
الزئبق (الروماتزم) ٢٧٢  
الزئبق ٢٩٥، ٢٠٧، ٤١٨  
زئبق بارينجر ٢٩٥  
الزئبق التبريدية ٢٨٧  
الزئبق ٢٢٤، ٢٢٨  
الزئبق، المغفر ٢٤٢، ٢٨٠  
الزئبق، التفرع ٢٢٤  
زئبق - شارل ف ٢٢٠  
الزئبقات ٢٢٤  
تصنيف - ٢٢٠، ٤٢١  
شمار - ٢٠٦، ٢٥٢  
الزئبق ٢٦٤  
زئبقور - إرنست ٢٥، ١٢٧  
زئبقور - دانيال ٧٤  
زئبق - آني ٢٤٢  
زئبق - هنري تويرس ٢٧٩  
الزئبق ٢٨  
- واختبار الذهب ٦٢  
- والتلوث ١١٢، ٢٧٢  
- في الجدول الدوري ٢٢  
تفاعلية - ٤٠٥  
زئبق الأحوال الفوتية العالمية ٢٧١  
الرصاص، القضة ٢٢٢  
زئبق قاري ٢٢٤، ٢٢٨  
الزئبق ٢٥٢، ٢٧٢  
الزئبق ١٤٧، ١٧٧، ٢٥٢  
زئبق (خرف حاد) ٢٢٨  
زئبق الأنتال ١١٦  
زئبق الطائرة ١١٤، ١٢٨  
الزئبقيا ٢١٩، ٢٢٨  
الزئبق (البنودول) ١٢٦  
الزئبقات (أنظر الذرات المتكاملة)  
الزئبقات السليكونية ١٧٠-٧١  
الزئبقات الصخرية (أنظر الذرات المتكاملة)  
زئبق التلوث ٢٢٨  
زئبق (ذاكرة قراءة فقط) ١٧٤  
زئبق البطرفة ١٢٥

الزئبقات ٢٤٢

الزئبق

السبحة ساحلية زئبقية ٢٢٧  
تحت - ٢٢٠  
الزئبق - ٢٢٢  
الجيوالوجية التاريخية - ٢٢٦  
الزئبق - ١١٠  
الشواطيء الزئبقية ٢٢٧، ٢٢٨  
كثبان - ٢٢٧، ٢٢٨  
الزئبق  
- الكهربية والإلكترونية ٤١١  
- الكيمياء ٥٢  
زئبق الطفس ٤١٦  
زئبق الزخافات الذلوية ٤١٠  
د ا (الحامض النووي الرئيسي)  
في الشفائيات ٢٢٤  
زئبق ١٨٢  
الروابط الإسهامية ٢٨، ٢٩  
الروابط الأيونية ٢٨  
روابط الذمءات ١٠٢  
زئبق الفضاء ٢٠٢-٢٠٢  
- وإصلاح الشواطيء ٢٠٠  
- وإعدام الزئبق ١٢٥  
- والتمس في الفضاء ٧٠  
- والصواريخ ٢٩٩  
- ونشاطات الفضاء ٢٠٤  
طعام - ٩٢  
قنوط - على القمر ٢٨٧  
الروابط ١٢٠، ١٢١  
الروابط ١٧٦، ٢٠٦  
- والحواسيب ١٧٢  
- والسواطيء الفضائية ٢٧٢، ٢٠١  
الزئبقات ٢٤-٢٥  
الزئبق والأحافير ٢٢٥  
دوس - لورد ١٩٨  
روسيا في القنطر الجليدي ٢٤٦  
الروماتزم (الزئبقية) ٢٧٢  
رومانكو - يوري ٢٠٤  
الزئبق ٢٢٢  
الزئبق ٢٥٤-٥٥، ٤١٦  
الأعاصير - ٢٥٨  
الأمواج المحيطية - ٢٢٥  
التأثير - ٢١٨  
شمار - ٢٢٠-٢٢٠  
- والإبصار الشعاعي ١١٦  
طاقة - ١١٢  
قوة - ١٢٤، ٢٥٥، ٢٥٦  
الزئبق التجارية ٢٢٥، ٢٥٤  
الزئبق الشائعة ٢٥٤  
ريبياسات ٢٢٨  
ريبيشارتسون - لويس قاري ٢٧١  
ريبي الشاهيدو ٢٥٤  
الزئبق الشمسية ٢١٢  
ريبي الشمسية ٢٥٤  
ريبي الطيب ٢٥٤  
ريبي قن ٢٥٤  
ريبي موسمية ٢٦٤، ٢٤٥  
ريبي (الطائر) ٢٢٢  
ريبيساتات ١٠٢

ز

الزئبق  
الانقسام - ٢٧٤  
البارومترات الزئبقية ١٢٧، ٢٥٠  
- في الجدول الدوري ٢٢  
حالة سطح - ١٢٨  
الزئبق ٢٤٢  
الزئبق الشجرية ٢٢٤  
زئبق الفرجين ٦٥  
الزئبق ١١٠  
الزئبق - ٢٩  
- البلوري المصنوع ٢٨  
- والغذات ١٩٧  
- الفوتوكرومي ٢٠٠  
صنع - ٤٠٦  
لانت متغيرة - ١١١  
الزئبق اللوحي المقوم ١٠٠  
الزئبق اللوحي ١١١  
زئبق النوبة ٢٢٢  
زئبق ٢٨٢، ٢٩١  
إحصائيات عن - ٤١٨  
حلقات - ٢٩١  
السواطيء الفضائية إلى - ٢٧٢، ٢٠١، ٢٩١  
الزئبق  
الإنتقال في - ٢٦٦  
الجفاف - ٢٦٥  
الزئبق - ٢٥٢  
الزئبق - ٢٢٢  
- الفضوية ٩١  
الطقس - ٢٤١  
الكيمياء الزراعية ٩١  
الزئبق ٢٧٩، ٢٩٢  
الزئبق ٢٢، ٢٢٨  
زئبق الأسماك ٢٢٧  
الزئبقات ٢٨١  
الزئبقات ٢٢٥، ٢٨٥  
الزئبق ٢١٢  
الزئبق ٢٢٠  
الزئبق الجيولوجي ٢٢٧، ٤١١  
الزئبق اللوحي ٤٠٠  
الزئبق ٢٢٢، ٢٢٢  
زئبق الغصص ٢٩٦  
الزئبق (انظر الخواطين)  
الزئبق ٤٨  
الزئبق ٢٨٦  
إحصائيات عن - ٤١٨  
زئبق - ٢٨٦، ٢٤٨  
السواطيء الفضائية إلى - ٢٠١  
نشأة - ٢٨٢  
الزئبق ٢٥٨-٢٥٩  
عضادات - ٢٥٢  
الزئبق ٢٢٠-٢٢٠  
تصنيف - ٤٢١  
تطور - ٢٠٨  
عش أعمار - ٤٢٢  
الزئبق ٢٠٨  
زئبق (أعمدة طبية) ٢٢٠  
زئبق الغاز ٩٨  
إيوليت ٥٦







الشكل الإنسيمايين والمقاومة ١٢١	الشمس ٢٨٤-٨٥	إلتقاء المذنبات وإقترابها من ~ ٢٩٥	إحصائيات عن ~ ١١٨	أشهر ~ ٢٧٥	البحر الشمسية ٢٤٢، ٢٧٢	٢٨٤	جاذبية ١٢٢	الرياح الشمسية ٢١٢	شواير فضائية إلى ~ ٢٨٥	٢٠١	~ وأشباح بؤركن ٢٦٩	~ وأقواس قزح ٢٦٩	~ وتحويلات الطاقة ١٣٨	~ وتزجات حرارة الأرض ٢٥١	~ والطاقة النووية ١٢٧، ١٢٧	~ والطقس ٢٤١	~ والظلال ٢٠٩	~ والتفصيل ٢١١، ٢٤٣	~ في درب التبانة ٢٧٧	~ في علم الفلك القديم ٢٩٩	~ والماء والجوهر ٢٢٥	~ والشقوق الشمالي ١٥٤	~ الطاقة الشمسية ١١٢، ١١٥	١٩٠، ١٣٤	الطيف الشمسي ١٩٣	~ ببناء ~ ٢٤١، ٢٤٢	كتشوف ~ ٢٠١، ٢٨٥	النظام الشمسي ٢١٠، ٢٨٢	~ حالات ~ ٢٦٠، ٢٦٩	~ هالة الكسوف ٢٠١	~ الهذروجين في ~ ٤٧	شمس ممتص الليل ٢٤٢	أنظر أيضا ضوء الشمس	~ والقدرة الشمسية	~ الشهب الفرسانية ٢٩٥	~ الشواطيء ٢٢٦، ٢٢٧، ٢٨٥	~ المشواطيء البحرية ٢٢٦-٢٧	~ ~ (البيئات) ٢٧١، ٢٨٥	~ المشواطيء الترفعية ٢٢٧	~ المشوط الشمسية ١٥٤، ٢٠١	٢٨٤	المشوحطيات ٢٢٥، ٢٢٦	~ المشوحط - جوهان ٢٠٦	~ المشحر الترفعية ٢٢٠	~ المشحر ٢٥٨	~ مشحر ٢٦	~ مشحر - الكويكب ٢٩٤	~ مشحر - كارل ٤٤		صن
---------------------------------	--------------	------------------------------------	-------------------	------------	------------------------	-----	------------	--------------------	------------------------	-----	--------------------	------------------	-----------------------	--------------------------	----------------------------	--------------	---------------	---------------------	----------------------	---------------------------	----------------------	-----------------------	---------------------------	----------	------------------	--------------------	------------------	------------------------	--------------------	-------------------	---------------------	--------------------	---------------------	-------------------	-----------------------	--------------------------	----------------------------	------------------------	--------------------------	---------------------------	-----	---------------------	-----------------------	-----------------------	--------------	-----------	----------------------	------------------	--	----

زئبقية ٢٥٢	٢٣١، ٢٢٦ - رغال	كمية المطر في ~ ٢٦٥، ٢٦٤	مناخ - ٢٤١، ٢٤٥، ٢٩٠-٩١	صحراء الأبراج الطبيعية ٢٤٥	صحراء أكاذبا ٢٦٥، ٢٩٠، ٢٩١	صحراء جوبي ٢٩٠، ٢٩١	المحراء الكبرى	الكثبان الرملية في ~ ٢٢١	مناخ - ~ ٢٥١، ٢٤١	مضجون عاكسة مكافئة التقلع ١٨٤	المشحر الحراري (الشماسي) ٢٢١	الشمس ٢٢١	للأحافير في ~ ٢٢٥	تاريخ ~ ٢٢٧	تجوية وتحت ~ ٢٢٠-٢١	نورة ~ ٤٨٥	~ الانتسائية ٢٢٢	~ وشية الأرض ٢١٢	~ وتحت خط الساحل ٢٢٦-٢٣	٢٧	~ والحرث ٢٢٢	~ والجيولوجية ٢٠٩	~ الأرضية ٢٢١، ٢٢٢، ٢٦٥	~ وزكام الخالج ٢٢٨	~ والزلازل ٢٢٠	~ محلات جيولوجية ٢٢٦-٢٢	٢٧	~ التفوية ٢٨٧	~ التفوية ٢٢١، ٢٢٤، ٢٢٩	٢١٥	~ ومجال الأرض المغنطيسي ٢١٢	٢١٢	~ المنصورة (اللاية) ١٢٠	~ النارية ٢٢١، ٢٢٢، ٢٦٥	~ الطور في ~ ٢١٩	المشحر الإقليمية التفوية ٢٢٤	~ صخور أيزر السحابة ٢٢٠	~ المشحر التركية (إلى النارية) ٢٢١، ٢٢٢، ٢٦٥	~ المشحر الروسية ٢٢١، ٢٢٢، ٢٢٣	٢٢٦، ٢١٥	~ مشحر فطرية الشكل ٢٢٠	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	تكون ~ ~ ٢٢١	المشحر ~ ٢٤٤، ٢٢١	~ المشحر ~ ١٨٤	~ المشحر ~ ١٨٥	~ مشحر سان أندرياس ١٩٦، ٢١٩	~ مشحر تشق الجبال ٢١٨، ٢١٩	~ المشحر الدشرية في المشحر ٢١٩	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥	المشحر التفوية ٢٢٤، ٢١٥
------------	-----------------	--------------------------	-------------------------	----------------------------	----------------------------	---------------------	----------------	--------------------------	-------------------	-------------------------------	------------------------------	-----------	-------------------	-------------	---------------------	------------	------------------	------------------	-------------------------	----	--------------	-------------------	-------------------------	--------------------	----------------	-------------------------	----	---------------	-------------------------	-----	-----------------------------	-----	-------------------------	-------------------------	------------------	------------------------------	-------------------------	--	--------------------------------	----------	------------------------	-------------------------	--------------	-------------------	----------------	----------------	-----------------------------	----------------------------	--------------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------



- ال - النورية ١٣٦-٣٧  
قياس ال - ١٢٢  
كفاية ال - ١٢٩  
مصادر ال - ١٣٤-١٣٥، ١٠٩  
طاقة التنشيط ٥٢  
طاقة الحرارة الأرضية ١٣٤  
طاقة الحركة ١٢٣، ١٢٨  
طاقة كامنة، طاقة الوضع ١٢٣، ١٢٨  
طاقة الكتلة الحيوية ١٣٤  
الطاقة الكهربائية ١٢٣، ١٢٨  
طاقة متجددة ١٣٤  
الطاقة النووية ١١٣، ١٣٦-٣٧  
~ ~ والإشعاع ٢٧  
~ ~ والتلوث ٢٣٢، ٢٨٣  
~ ~ والتغيرات ١٣٦  
مقاييس الطقس ١٤٥  
الطب ١٠٤-٥  
~ الشرعي ٦٢  
المنظار الداخلي في ~ ١٩٦  
المباشير  
الآتية ~ ٢٣٢  
الإشعاع الكهرومغناطيسي ~ ٥٣  
تكوين ~ ٣١٤  
خصائص ~ ٢٣  
~ في المناخات الحارة ٢٥  
الطباعة ٢٠٣، ٢٠٧  
الطباعة الرباعية الألوان ٢٠٣  
الطباعة ٧٨  
الطباعة على ضغط متقطع ٢٠  
طبقات الأرض ٢٢٦-٢٧  
طبقة الأوزون ٢٤٨  
ثقوب في ~ ~ ٤٦، ٥٧، ١١٢، ٣٧٥، ٣٨٣  
وظيفة ~ ~ ٤٤  
الطبول ١٨٧  
الطحاب ٣١٦، ٤٢٠  
تصنيف ~ ٤٢٠  
تكاثر ~ ٣٦٧  
~ والتلوث ٢٧٥  
~ والتلوث القوي ٣٦٦  
~ والزراعة المحسنة ٣٠٧  
طحاب الرئة ٣٨٣  
طراح الألوان ٢٠٣  
طريقة العين ٢٠٣  
الطرنادات (الاعاصير الدوامية) ١١٤، ٢٥٩  
الطرق ٢٣  
طريقة ضوئية ٩٤  
طريقة قراض ٤٥  
المطفرات الوراثية ٣٦٤  
مطرقة النطق ٣٦٤  
الطفل (الصلصال والطين)  
الترب الصلصالية ٢٢٨، ٢٢٢  
تكوين ~ ٢٢٢  
~ والجيولوجيا التاريخية ٢٢٦  
~ والطين النضج ٨١  
~ والمخاربات ١٠٩  
~ الصيني ١٠٩  
الطقس ١٢٩  
مقولات الأدغال (العلاج) ٣٢٦  
المطويات ٣٧٩  
ديان طفيلية ٢٢١  
نباتات طفيلية ٣١٨
- الطقس ٢٤١، ٤١٧  
اقواس قزح ~ ٢٦٩  
البرق والرعد ~ ٢٥٧  
بيوت ~ ٢٥٢  
التنبؤ بأحوال ~ ٢٧٠-٧١  
الثلج ~ ٣٦٦  
جبهات ~ ٢٥٣  
حقائق ومعلومات عن ~ ٤١٦-١١٧  
١١٧  
خراط ~ ٢٥٣، ٢٥٤، ٢٧٠، ٤١٦  
٤١٦  
درجة الحرارة ~ ٢٥١  
رصد الأحوال الجوية العالمية ٢٧١  
٢٧١  
رصد ~ ٢٧٢  
الرياح ~ ٢٥٤-٥٦  
سواحل ~ ٢٠٠  
شمس الشمس ~ ٢٤٣  
الطرنادات ~ ٢٥٩  
~ والاعاصير ٢٥٨  
~ والبرق ٢٦٧  
~ والبرق ٢٤٨-٤٩  
~ والزراعة ٢٥٣  
~ والسحب ٢٦٠-٢٦٢  
~ والصقيع والندى والجليد ٢٦٨  
~ والضباب والسيورة ٢٦٢  
~ والضباب ٢٦٢  
~ والضباب الجوي ٢٥٠  
~ الضباب ~ ٢٤٣  
قوى ~ ١١٤  
لطر ~ ٢٦٤-٦٥  
أنظر أيضا المناخ  
الطقس ٣١٧  
جلاء الاطفاق ١٠٢  
الطلاء الكهربائي ١٤٩، ٦٧  
الطلق (الملك) ٢٢١  
الطواحين الهوائية ١٢٣، ١٢٤، ٢٥٥  
طواقي الرصد الجوي ٢٧١  
الطوب ١٠٩  
الطوقان ٣٩٤  
الطول الموجي  
~ ~ والألوان ٢٠٣  
~ ~ للألوان الصوتية ١٨٠  
طول النهار ٢١١  
طوفان - ج.ج. ٢٥، ٦٣  
طوفان - وليج، (أنظر كلفن - اللورد)  
طبقات محدبة ٢١٩  
طبقات متغيرة ٢١٩  
طبقات (أنظر الطيران) ١١٩  
طيار آلي ١١٩  
الطيارات ٢٥٧  
الطيران  
السلحاح الإنسيابية الرافعة ~  
١٢٨  
الطيور ~ ١٢٨، ٢٥٧  
قوى ~ ١١٤  
تزيينات المخالطة ~ ١٧٥  
طيران الطيور الإنسيابي ٢٥٧  
الطيف  
~ الشمسي ٢٨٤  
~ الضوئي ١٩٢، ٢٠٢
- ~ للكهرباء ١٩٢، ١٩٢  
طيف النجوم ٢٧٨  
طيف الانبعاث الذري ٦٣  
الطيف ٢٢٢-٢٣٢  
أدغة ~ ٢٦١  
أعشاب ~ ٢٢٢  
ألوان ~ ٢٨٠  
إنسياب ~ فوق التيارات  
الحرارية الصاعدة ٢٦٢  
أنواع ~ المهددة ٢٩٨  
تصنيف ~ ٤٢١  
تطور ~ ٢٠٨، ٢٠٩، ٢٢٧  
تعايش ~ ٢٧٩  
تكاثر ~ ٢٦٧  
طيران ~ ١٢٨، ٢٥٧  
~ على الشواطئ ٢٨٥  
~ في الخواصر والمناخ ٢٩٧  
~ في الغابات المطيرة ٢٩٤-٥  
~ في المناطق الرطبة ٢٨٩  
~ في المناطق القطبية ٢٨٢-٢٨٣  
غذى أعمار ~ ٤٢٢  
مستعمرات ~ ٢٧٨  
طيور البر الجوز ٢٥٠  
الطيور الأفغانية ٢٨٩  
طيور البحر ٢٨٥  
الطيور الغريبة ٢٢٢  
طيور الحديقة القطبية ٢٨٢  
~ (الشمالية) ٢٨٢  
الطيور الزرقاء ٢٢٢، ٢٨٨  
الطيور الطنانة ٢٤٣  
طيور العرائش ٢٦١  
طيور القوقاز ٢٩٥  
طيور الكوي ٢٢٢  
طيور تيار الخشب ٢٩٦
- ظ  
ظاهرة الانقلاب والمسخان ٢٦٢  
ظاهرة تيندال ٢٦٩  
ظاهرة التغيرات ٢٢٧، ٢٤٧، ٢٧٢  
ظاهرة دوپلر ١٨٠  
الظاهرة الكهروضوئية ١٩١  
الظواهر ٢٩٢  
ظواهر الجوف ٢٩٢  
الظواهر ٢٩١  
الظلال ٢٠١  
شويبة ~ ٢٠١  
شبه ~ ٢٠١  
ظواهر وتغيرات غير عادية في  
انماط الطقس المتغيرة ٢٦٩  
~ الأصوات الإلكترونية  
~ والمؤثرات الخاصة ١٨٩
- ع  
عائلة ليكي ٣٢٦  
العاشبات  
أسنان ~ ٢٢٤، ٢٢٤  
إغذاء ~ ٢٤٣، ٢٤٢  
عكسات التيارات ١٥٨  
عيار الشمس ٧٢  
عتاد الحواسيب ١٧٢، ١٧٤  
العتاد ٣٠٥
- عند غير المنازل ٢٥٤  
العتاد في النظام الثاني ١٧٢  
١٧١، ١٧١  
عذابات جيبير ٢٧  
عذابات (مقاييس) السرعة ١١٨  
العذارية (القيود) ٢٦٦  
العذبة الذرية ٢٢، ٢٤  
عذبات ١٩٧  
~ التلوث ٢٩٧  
~ الكاسرات ٢٠٦، ٢٠٨  
~ النظارات ٢٠٤  
غذسات الفئتين ٢٠٤، ٢٠٨  
غذسات فريز ١٩٧  
غذسات اللاصقة ٢٠٤  
غذسات الشحنة ١٩٧، ٢٠٤  
الغذسات المقطرة ١٩٧، ٢٠٤  
الغذسات المتغيرة ١٩٧، ١٩٨  
غرس، شجيرة ٢٦٤-٢٦٧، ٢٦٧  
الغرض بالبيوت السائلة ٢٠٠، ١٤٠  
الغزل الحراري لتقليل فقد الحرارة ١٤٢  
الجسرة والتعايش ٢٧٩  
الغضونات ٢٤-٢٥، ٢٦٠-٢٦١  
الغضار الأروقيسي ٢٢٧، ٢٢٩، ٢٣٩  
غضار الألويسوسين ٢٢٩  
الغضار الألويسوسيني ٢٢٩  
غضار الياكوسين ٢٢٩  
الغضار البرمي ٢٢٧، ٢٢٩  
غضار الياكوسوسين ٢٢٩  
غضار الياكوسوسين ٢٢٩  
الغضار الثالث ٢٢٧، ٢٢٨  
الغضار الثلاثي ٢٢٧، ٢٢٩  
العصر الجليدي الصغير ٢٤٢، ٢٤٦  
العصر الجوراسي ٢٢٧، ٢٢٩، ٢٣٩  
عصر الحياة العتيقة ٢٢٧، ٢٢٩  
العصر الديفوني ٢٢٧، ٢٢٩، ٢٣٩  
العصر الرابع ٢٢٧  
العصر السيلوري ٢٢٧، ٢٢٩  
العصر الطباشيري ٢٢٧، ٢٢٩، ٢٣٩  
العصر الكربوني ٢٢٧، ٢٢٩، ٢٣٨  
العصر الكمبري ٢٢٧، ٢٢٩  
عصر الميوسين ٢٢٦  
العصور الجليدية ٢٢٧  
~ ~ والشواطئ المرتفعة ٢٢٧  
~ ~ والمناخات المتغيرة ٢٤٦  
الغضلات ٢٥٥  
~ والتنفس الخلوي ٢٤٦  
~ والتنقل ٢٥٦  
~ والطاقة ١٣٢، ١٣٢  
~ والكهرباء ١٥١  
محسوس جاكولسون ٢٥٩  
مغذيات ٢٢٨، ٢٢٨، ٢٢٩  
مطارد ٢٨٦  
احصائيات عن ٤١٨-٤١٨  
خلف ~ ٢٨٦  
الشواير الفضائية إلى ~ ٢٠١
- نشأة ~ ٢٨٣  
الغطاء ١٢٥، ١٢٥  
الغطاءات ٤٦  
العظام  
الأنفاس العظمية ٢٢٥  
~ والروايات الشعبية عن ٢٧٢  
الطقس ٢٧٢  
كالسسيوم ~ ٤٣، ٣٥  
أنظر أيضا الهياكل الداعمة  
الغطاء ٣٢٠، ٣٢٠  
غفن البطاطس ٢١٥  
العقارب ٢٢٢، ٢٢٩  
العقارب ١٠٤-٥  
العقارب ٢٩٤  
الفقد الفوجية والتوافقيات ١٨٦  
الملاحيات ٢٢٨، ٢٢٩  
~ في الصحاري ٢٢٩  
~ كائنات ٢٢٩  
علاجهم الغضبي ٢٢٩  
العلامات التبارية  
~ ~ الجيولوجية ٢٢٦  
علامات الطقس في التراث الشعبي ٢٧٢  
العقل ٢٢١، ٢٢٨  
علم الارصاد الجوية (أنظر الطقس)  
علم الحياة أنظر الحيوانات  
والكائنات الحية والنباتات  
علم الصخور ٢٠٩  
علم الملك ٢٧٢، ٢٧٤، ٢٩٦  
~ ~ الراديوي ٢٩٧، ٢٩٨  
أنظر أيضا الفضاء والنجوم  
والكون  
علم الكونيات ٢٧٤  
علم المناخ الشجري ٢٤٦  
علم وصف طبقات الأرض ٢٢٦-٢٢٧  
٢٧  
غنى الألوان ٢٠٥  
مطر النصف والإشعاعية ٢٦  
عملية باير ٨٧  
عملية المؤزن ١٢٤، ١٢٤  
عمود قولقا ١٥٠  
العناصر ٣١  
~ والجدول الدوري ٢٢٠-٢٢٢  
٢٠٤-٢٠٤  
~ والمركبات والمزيجات ٥٨-٥٩  
العناصر النادرة ٧٧  
العناكب الزمعية ٢٢٢  
العنكبوتيات ٢٢٢، ٤١١  
العنكبوتيات  
إبصار ~ ٢٥٩  
أشغال ~ ٢٢٢، ٢٢٧  
تطور ~ ٢٠٩  
الغض في ~ ٢٤٥  
العوازل  
~ وخصائص المادة ٢٢، ٢٢  
~ والكهربائية ١٤٨  
العواصف  
السحب النيرة ~ ٢٤٩  
~ والبرق والرعد ٢٥٧  
~ الدوامية المدارية ٢٥٨  
~ والرياح ٢٥٦  
~ والطرنادات ٢٥٩  
~ ونار القديس إلو ٢٦٩



- الغواقي ٢٨٦، ٢٧٥، ٢٠٦ - أمراض - ٢٤٢  
الغوص ٢٢٣  
عيد الميلاد - الطقس في - ٢٤٢  
عيدان الثقب ٥٢، ٤٢  
عربي - ج.ب. ٢١٨  
العقبات ٢٠٤  
جراحة العين ١٥٧  
~ والإيضار ٢٠٤-٢٥٨، ٥٩  
~ والطرف ٢٥٦  
~ والغساق ١٩٧  
نباييت شبيكة العين ٢٢٨  
العيون المركبة ٢٠٥
- غ
- الغابات  
~ وتكون الفحم ٢٢٨  
~ التصويرية ٢٨٤  
~ التنفسية ٢٨٤  
الغابات المطيرة  
بيئات - ٢٧١، ٢٩٤-٩٥  
الرطوبة في - ٢٥٣  
مناخ - ٢٤٤  
الغابات التطورية المدارية ٢٩٤-٩٥  
غابات المناطق المعتدلة ٢٧١، ٢٩٦  
غاريقون الثياب ٢١٥  
الغاز ٢٣٩  
استخدامات - ٤٠٧  
غاز الفحم ٩٦  
مخزون - ١٣٥  
مشتقات - ٩٧  
الغاز الطبيعي ٩٧، ٢٢٩  
الغازات ١٨-١٩  
إختيارات تعرف - ٤٠٤  
الاستشواب الغازي ٦٣  
انتقال الحرارة في - ١٤٢  
تجميع - ٤٠٤  
تفاعلات - ٤٠٤  
تسار - ١٤١  
شدة الصوت في - ١٧٩  
ملوك - ٥١  
ضغط - ١٢٧  
~ وتغيرات الحالة ٣٠  
~ والضوء المرئي ١٩٣  
~ المضغوطة ١٩  
~ النبيلة ٤٨  
~ والنجوم ٢٧٨، ٢٨٠  
~ والنظرية الحركية ٤٠  
~ القوى في - ١٢٨  
كتانة - ٢٢  
مخاليق - ٦٠  
الغازولين ٩٨  
غازولين - يوري ٣٠٢  
الغاز الشافي ٣٨٥  
غالبيلو غاليلي ١٢٧  
~ ورقاص (بنفول) الساحة ١٣٩  
~ ومرافقة الكواكب ٢٨٦، ٢٩٠، ٢٩١
- الاشعاعية ٢٦-٢٧  
الأسمة الجيولوجية - ٢٢٧  
أشعة جاما - ١٩٢  
الإصحلال الإشعاعي ٤٠٢  
الطاقة النووية - ١٣٦  
~ والتأثير الإشعاعي ٢٧٢، ٢٨٢  
الفاكية - اسيراز - ٧٩  
قايين - فرديريك ٢١٤  
قتال الصفحات ١٩٣، ١٦١  
مُشخات الكاميرات ٢٠٦  
مُترات الخطر ١٢٢  
مُثرة الذبذبات (الاهتزازات) ١٣٦  
المُحجج ٢٢١  
المُشم ٢٢٨  
استعمالات - ٤٠٧  
تدوين - ٢٢٨  
تكون ٢٢٢، ٢٢٤  
المُخاض - ٢٢٢  
~ والجيولوجية التاريخية ٢٢٦  
~ والكربون ٤٠  
~ والمنقحرات ٥٥  
محطات القدرة العاملة ب - ١٣٥  
مخزون - ١٣٥  
مشتقات - ٩٦  
محم بنوميني ٢٢٨  
المُحم النباتي ٤٠  
المُخاربات ٨١  
المُراش ٢٢٣  
أساريج - ٢٦٣  
تمويه - ٢٨٠  
المخاطط حر - ٤٠٠  
مراش الخلية الترتيالية الرقطاء ٤٠٠  
مراش الزرد ٢٨٩  
مراشكين - بنجامين ١٤٧  
مراشكين - روزا ٣٦٤  
مُرَجُونَا المُخزَّك الكهرلاني ١٥٨  
مُرُط المُقذَّبات ٢٧٣  
مُرَاقعات السوط ١٧٩  
مُرَمي - أنريكو ١٢٧  
مُرَهييت - غريبال دانيال ١٤٠  
المُرو - تحارة - ٢٩٩  
المُريز (نوت الأرض) ٣٦٦  
مُرَيتل - أوغسطين ١٩٧  
مُرَندان - ريجلد ١٦٤  
المُشتقات ٤٣  
المُشغرات التلفزيونية ١٦٧  
المُشغور ٤٣، ٤٢  
المُشكاشات (المُشجحة) ٣٩٢  
مُصل المُرَيجات ٦١  
المُضول ٢١١، ٢٤٣  
المُضواء ٢٧٣  
إنتقال الحرارة في - ١٤٢  
الإنسان - ٢٠٢-٢٠٢  
التلشكوبات في - ٢٩٨  
حقائق ومعلومات عن - ٤١٨-١٩  
١٩  
السوائل الفضائية ٢٠٠  
الشخص و - ٢٨٤-٨٥  
الصواريخ الفضائية ٢٩٩  
الضوء والضوء في - ١٧٧
- وعلم الفلك ٢٩٦  
~ والنظام الشمسي ٢٨٢  
الكواكب في - ٢٨٦-٩٢  
الكُون و - ٢٧٤-٧٥  
كوكبيات - ٢٩٤  
المُيزات في - ٢٧٦-٧٧  
المُذنبات في - ٢٩٥  
النجوم في - ٢٧٨-٨٤  
النيازك في - ٢٩٥  
الفلكس، الناسوخ ١٦٢  
الفُضَّة ٢٧، ٢٦  
تفاعلية - ١٦، ٤٠٥  
~ كُشُكُت ثانوي في النحاس ٨٦  
هاليدات - ٤٦  
الفضايات ٢٧٦  
إمراج - ٣٥٠  
المُطر الغسلي ٢٩٦  
المُطر الغاريقونية ٢١٤  
المُطرات ٢١٥  
اغذاء - ٢٤٢  
تصنيف - ٢١١، ٤٢٠  
~ والغابات المطيرة ٢٩٤  
عدي أعمار - ٤٢٢  
القط (فيل البحر) ٢٨٢  
الفعالية، الكفافية ١٣٠، ١٣٩  
المُفَارِثَات ٢٢٦-٢٦٦  
أُنظر أيضًا الحيوانات، والجشم البحري  
تصنيف - ٤٢١  
عضلات - ٢٥٥  
هياكل - الداعمة ٢٥٢  
المُفَارِثَات ١٢٨، ٢٠٢  
فقد الحرارة ١٤٢  
فقد الذئب ٣١٥  
المُفَارِثَات ٢٩٩  
المُفَارِثَات المُرَاجعة ٢٩٩  
المُفَارِثَات ٣٤٤  
المُفَارِثَات ٢٢، ٢٢٢  
أشياء - ٢٩  
تاريخ - ٦٦  
الترابط المُفَارِثَات ٢٨، ٢٩  
تعدد - ١٤٢  
خصائص - ٢٢، ٢٣  
سياتك - ٨٨، ٨٩  
سلسلة التفاعلية ل - ٦٦  
طلاء - بالكهرباء ٦٧  
~ وإختيارات المُفَارِثَات ٦٢  
~ في الجدول الدوري ٢٢  
~ الوضعية ٢٨  
~ الملوثة ٢٢، ٢٤  
مُوضِية - ٢٩، ١٤٢  
مُرات الأتربة الملوثة ٢٥  
المُرات الإثباتية ٢٦  
مُرات خرفية ١١١  
أُنظر أيضًا كُل مُفَارِثَات بِفُردِه  
٢٢١، ٢٢١، ٢٢١  
الطُف - ١٥٠  
المُطمرات ١٥٢  
المُططرة الكهربائية ١٦٠  
مُطقة (ورقة البُرَّة) ٢١٨، ٢٢٢  
المُطجشون (اللاهوت) ٦٤  
مُطري - مزار - ١٠٤  
المُطريت ١٦، ٧٢، ٢٢١  
المُطريدات ١٦
- ق
- القار ١٨  
قار الفحم ٩٦  
القارات البرية في المتاجر الكبرى ١٩٩  
القارات  
تكون - ٢١٠  
تكونيات الكتل الضعافية ١٥٠-٢١٤  
نشوء الجبال ٢١٨  
القارة القطبية الجنوبية  
~ الانجراف القاري في - ~  
٢١٥  
بيئات - ~  
٢٢٩، ٢٤٦  
~ درجات الحرارة في - ~  
٢٥١  
~ الرياح في - ~  
٢٥٥  
طيلة الأوزون فوق - ~  
٢٧٥، ٢٨٢  
القارة القطبية الشمالية ٢٧٥، ٢٨٢  
القارة الخوانية ١٤٢  
القارة (قاهرة) البحاروخ ١٤٢  
قاعدة برنولي ١٢٨  
قاعدة يشكال ١٢٨  
قاعدة اليد اليسرى لليمينغ ١٥٨  
قاعدة اليد اليمنى لليمينغ ١٥٩  
القائم ٢٨٠  
قانون أرخميس ١٢٩  
قانون أوجادرو ٥٩، ٤٠٤  
قانون أوم ١٥٢  
قانون بويل ٥٦، ٤٠٤



- قانون جريام، جراهام، في إيتشار  
الغازات ٤١٤  
قانون جي أوشاك ٥١، ١٠٤  
قانون سيزل ١٧٣  
قانون شارل ٥١، ٤٠٤  
قانون الغاز المثالي ١٠٤  
قانون هيل ٢٧٤  
قانون فوك ١٣٣  
قنامين، بلانين ٢٥٤  
القصف، النجمية ٢٥٣، ٢٣٦  
القنار: قبان، نضوع النجوم ٢٨٢  
القنرة، الشغل ١٢٣  
القنرة البخارية ٢١  
تربينات - - ١٤٤  
شركات - - ١٤٣، ١٣٣  
خسفات - - ١٦٠  
القنرة الشمسية ١٢٥  
- - والخلايا الشمسية  
الضوئية ١٣٤  
- - والشواثل ١١٥  
- - وخسفات القدرة ١٩٠  
القنرة الكهربائية ٢٣٤، ٢٣٣  
القنرة الكهربائية ٢٣٣، ١٣٤  
أنتشر أيضا الطاقة  
القنار ٢٣٣  
القنرة العوافة ١٨٣  
القنرة الكلية ٢٣٦  
القنوش  
خراشيف - ٢٥١  
- وستند الزيمورا ٢٧٩  
هيكال - ٢٥٣، ٢٢٦  
قرنا الإستعمار ٢٥٩، ٢٥٨  
القنرة ٢٠٤  
القنود ٢٣٦  
القنود أيضا (القدرة)  
قنودس ٢٧٥  
القنرة (في العين) ٢٠٤  
القنرة الأرضية ٢١٠، ٢١٣، ٢١٤  
القنرة القارية ٢١٠  
القنرة المحيطية ٢١٠  
القنرات ٢٢٢، ٢١٨، ٢١٩  
قنرة ٢٥٠  
قشور، حمار، دبل  
دبل السلاخف ٢٣١  
قشور البيض ٢٢٢، ٢٢٣  
قشور الزخوات ٢٥٢، ٢٣٤  
القنطرة ٢٣  
القنطرة  
أشابات (سباتك) ٢٨  
- والنجاح النجوم ١١٠  
- في الجدول الدوري ٢٣  
قنر البخر (الخسر) ٢٠٤  
القنود الأني (العمالة) ١٢٠، ١٢٥  
القنصات (نعالب الماء) ٢٨٨، ٤٠٠  
القنصات المغنطيسية ١٥٤  
القنصة (الرصاص) ٢٢٣  
القنطرات  
- والقنطرات البخارية ١٤٢  
- الكهربائية ١٤٨، ١٤٨  
قنارات التوسيد المغنطيسي ١٥٦  
القنطرات الجنوبية للأرض
- بيثيات - - ٢٨٣  
نرجات الحرارة في - - ٢٥٩  
الفصول في - - ٢١١  
البحال المغنطيسي في - - ٢١٣  
القنطرات الجنوبية للمغنطيس ١٥٤، ١٥٥  
القنطرات الشمالي  
بيثيات - - ٢٨٣  
نرجات الحرارة في - - ٢٥١  
مستول - - ٢١١  
شخال - - المغنطيسي ٢١٣  
القنطرات  
جلود - ٢٩٩  
خواس - ٢٥٨  
الوراثيات في - ٢٦٥  
القنطرات ١٠٧  
قنود الحيد (قشور) ٢٥٠  
القنطرات الجليدية ٢٢٨-٢٢٩  
- - والشال ٢٦٦  
- - على المايخ ٢٨٩  
- - في العصر الجليدي ٢٤٦  
القنطرات ٢٥٥، ٢٤٩  
القنطرات ٧٠-٧١  
صناعة - ٩٤  
قياس القنطرات ٧٢  
القنطرات (قنطرات الأرض) ٢٨٨، ١٩٤  
أوجه - ٢٨٨  
جانبية - ١٢٢  
خسوف - ٢٨٥، ٢٠١  
خسر - ٢٨٧  
زوا - ٣٠٢، ٢٩٩، ٧٤  
الشواير الفضائية إلى - ٢٨٨، ٢٠١  
- - وعلم الفلك القديم ٢١٦  
الذو والجور وجانبية - ٢٢٥  
هالات - ٢٦٠، ٢٦٩  
رغاد - ٢٧٣  
القنطرات المظلمة ٢٠٦  
القنطرات ٢١٩، ٢٨٠  
القنطرات ٢٢٢، ٢٥٤  
القنطرات الذرية ١٢٧  
القنطرات النووية ١٢٧  
قنطرات البخر ٢٢٥، ٢٢٢، ٢٢٣  
٢٨٤  
قنطرات رؤوس البخر ٢٢٦  
القنطرات ٢٢٥  
قنطرات البخر ٢٢٥  
قنطرات غلبة الشواير ٢٧٩  
قنطرات نجمي ٢٨٠  
القنطرات الكهربائية ١٦١  
القنطرات  
أسنان - ٢٢٤، ٢٢٤  
تقنية - ٢٤٢  
القنطرات الزجاجية ١١٠  
القنطرات (الاسمان الامامية) ٢٤٤  
للزوا - ٧٠، ١-٧٠  
القنطرات ٢٢٤  
نصنيف - ٢٦٠  
حركة - ٢٥٦  
القنطرات الدورية في - ٢٤٩  
قنطرات شاطئية (بريونكل) ٢٨٥  
القنطرات ٢٢٢
- القنطرات الجارية ١٢٥  
قنطرات القوية والواحدة ١١٥  
القنطرات الكهرومائية ١١٥  
قنطرات مضخنة ١٢٣، ١٢٣  
القنطرات المائية ١٢٣، ٢٦١  
قنطرات قنطرات ٢٦٩، ٢٠٢  
قنطرات الأني الداخلية ٢٥٨، ١٨٢  
القنطرات ١١٣  
خسفات وشحلاتها ١١٦  
خسفات ومعلومات عن - ٤٠٨-٤٠٩  
قنطرات الاحتكاك ١٢١  
قنطرات الامتزازات ١٢٦  
- والشواير ١١٩  
قنطرات الجارية ١٢٢  
- والكثافة ١٢٠  
- والكثافة الدورية ١٢٥  
- والبيرة ١١٨  
- والشغل ١٢٢  
قنطرات الضغط ١٢٧  
قنطرات الطفو والقنطرات ١٢٩  
قنطرات الكثافات ١٢٠-٢١٠  
قياس - ١٢٣  
قنطرات التلاش ١١٥  
قنطرات الدوران والتوير ١٢٤  
القنطرات في الموائع ١٢٨  
قنطرات التلاش ١١٥  
القنطرات الشواير ١١٧  
القنطرات النووية ١١٥  
قياس  
- الصوت ١٨٠  
- القنطرات ١٢٣  
القياسات الامبراطورية ٤٠٩  
القياسات الميرية ٤٠٩
- ك  
الكائنات الحية ٢٠٥-٢٢٧  
تصنيف - ٢١٠-٢١١  
٢١٠-٢١١  
تطور - ٢٠٨-٢٠٩  
خسفات ومعلومات عن - ٢٢٠-٢٢١  
- - كيف تعمل ٢٢٧-٢٢٨  
الكائنات وحيد الصب ٨٤  
الكائنات ٢٢٢  
الكائنات والذواير ١١٧  
كائنات لمان ١١٧  
كانود (خسفات) ١٦٨، ٧٧  
الكائنات العام ٧٢  
كانودس - جري ١٢٣، ٥٧  
الكالسيوم ٣٥  
تقنية ٤٠٥  
- في الجدول الدوري ٢٢  
كالسيوم ٢٩٠  
الكالسيوم  
- التلويوتية ١٦٦، ١٧٧  
- السيمائية ١٧٧، ٢٠٨  
- الفوتوغرافية ٢٠٦  
كائن - آني خسفات ٢٧٨
- الكائنات (الطفل الصيفي) ١٠٩، ٤٠٧  
الكائنات ٧٧-٧٧، ٢٢٦، ٢٥٠  
الكائنات ٢١٦، ٤٢٠  
الكثيرة ٤٥  
استخدامات - ٤٠٧  
- في الجدول الدوري ٢٢، ٢٣  
شركات - ٥٨  
كبريتات الباريوم ٢٥  
كبريتات النحاس ٧٢، ٧٥، ٨٦  
كلر - ثواس ٢٩٦  
الكربون  
الإضافات الكهربائية - ١٦٠  
كلور الايلاف البصرية ١٦٢، ١٧٧  
١٧٧  
كثافات صخرية ضالة ٢٢٨  
الكثافة ٢٢  
الطاقة و - ١٢٦  
- والوزن ١٢٢  
الكثافة  
- والطفو والغوص ١٢٩  
- والمادة ٢٢  
كثافات راسية ونائية ٢٢١  
الكثافات الزمنية ٢٢٧، ٢٢٧  
كثافات طولانية (سيفلة) ٢٢١  
كثافات هلالية (تيرخان) ٢٢١  
الكثافات  
الاحتكاك الكفوي ٩٣، ٨٠  
- وشحلات النفس ٦٥  
الكثافات والشركة ١١٩، ١٢٠  
الكثافات ٤٨  
كربس - هانز ٣٤٦  
الكربون ٤٠  
التاريخ - الشغل ٢٧  
دورة - ٤١، ٢٧٢  
زوا - ٢٤  
- والسباتك الفلزية ٨٨  
- والشغل ٢٢٨  
- في الالكائنات والالكائنات ٤٠٦  
- في الجدول الدوري ٢٣  
- في الحديد والفلزات ٨٤-٨٥  
- في الكائنات الحية ٢٠٥  
- والكيمياء العضوية ٤١  
- والشغل ٩٨-٩٩  
كربون الفلور الكوريني ٢٧٥  
استخدامات - - ٤٦  
- - وتدمير الأوزون ٥٧، ١١٢، ٢٧٥  
الكربونات ٦٩  
كربونات الصوديوم ١١٠، ١١١  
٤٠٦  
كربونات الكالسيوم  
استخدامات - ٧٠  
- في الزجاج ١١٠  
- في الماء العسر ٧٥  
- في الهياكل الداعمة ٢٥٢  
الكربونات ٧٦، ٢٤٢، ٢٤٥  
كربس الشجست ٨٨  
الكربس ٢٤١  
كربس - فرنسيس ٢٦٤  
الكربونات ٢٩٣  
الكربونات ٢٢٢، ٢٢٨  
الكربونات ٧٩  
كربس - جيش ٢٤٦
- كروموسومات (أنظر صبغات)  
كثافات الدم البيضاء ٣٥٩، ٣٤٨  
كربونات - سيري ٢٠٢  
الكربونات ٩٦  
الكيمياء الرشي ٢٢٢  
الكثافات الشحلية ٧٥، ٢٦٦  
الكثافات والشغف ٢٠٩، ٢٨٥  
الكثافات، خاتق الكرسية ٢٧٩  
الكثافات (الفاورة الخوائية) ١٤٢  
الكثافات (أو الفعالية) ١٢٩، ١٢٣  
الكثافات - الياف - ١٠٩  
كثافات - كريستوفر ١٢١  
الكثافات  
أسنان - ٢٢٤، ٢٢٤  
خواس - ٢٥٩، ٢٥٨  
السمع عند - ١٨٣  
- والبرافيت ٢٧٩  
كلاب الشرج ٢٩٢  
الكلام ١٨٢، ١٨٢  
الكثافات ٢١٦  
كلب البشر ٢٥٧، ٢٢٦  
الكثافات الفلزية ٢٥٨  
الكثافات ٢٢٩، ٢٢٩  
كلن - اللور ١٢٨  
الكثافات ٨٦  
الكثافات  
تعليم الماء - ٤٦  
- وصناعة القنطرات ٩٤  
- في الجدول الدوري ٢٣  
- وقانون أوجادرو ٥١  
كلوريد البوليبيثيل ٩٩، ١٠٠  
٤٠٦  
كلوريد القابل ١٠٠  
أنظر أيضا كربون الفلور  
الكثافات  
الكثافات ٢٦، ٢٥  
الكثافات ٧٧، ٢٥٠  
الكثافات ٢٤  
نظرة - ٢٤، ١٩٠، ١٩١  
الكثافات الضوئية، القنطرات ٢٤  
كثافات الجزيئة ٥٢  
كثافات شحلية ١١٦  
كثافات التفرع ١٢٠  
الكثافات ٢٢٠، ٤٢١  
الكثافات ١١٣، ١١٥، ١٤٥  
الإضافات الكهربائية ١٦٠  
النار الكهربائية ١٤٨-١٤٩  
خسفات ومعلومات عن - ٤١٠  
١١  
النار الكهربائية ١٥٢-١٥٣  
الرغوات الكهربائية ٤١١  
الطاقة الكهربائية ١٢٢  
القدرة الكهربائية ١٢٤، ٢٢٢  
- والإضافات الباعية ١٦٢-١٦٣  
١٢  
- الاجهادية ١٢٦  
- والتلق ٢٥٧  
- والتفاعلات الكيميائية ٥٢  
- وحواس الاسماك ٢٥٩  
- وخسفات النقل ٢٨  
- والخلايا والبلازما ١٥٠-١٥١  
٥١  
- وشحلات المؤصلات ١٤٩



الليزر ١٩٠  
- الداودي ٢٩  
الفارقات الليزرية ١٩٩  
لليكي - لويس وماري ٢٢٦  
ليتوار - إثنان ١٤٤  
ليثوس ٣١٠  
ليونوف - إكسي ٢٩٩  
ليونيوك - انطوني قان ١٩٧  
٢٦٦  
الليبيقات العضلية ٣٥٥

م  
الماء  
الامواج المائية ١٧٨، ١٢٦  
انتشار جزئيات ٥٠  
إنكسار الضوء في ١٩٦  
تجحر ٦١، ٢١، ٢٠  
تكتف بخار ٢١، ٢٠  
تلوث ١١٢  
تطاح ٢٤١  
ثقبية ٨٢  
الوقت السطحي ١٩  
دورة ٢٧٢، ٢١  
رفع ١٢١  
ضغط ١٢٧  
الطقو والغوص في ١٢٩  
القدرة الكهربائية ٢٢٢  
القدرة المائية ١٢٤  
القدرة المدرية ١٢٤  
كثافة ٢٢  
كلورة ٤٦  
كثرة ٦٧  
كيمياء ٧٥، ٦٢  
- وبيدات الحياة ٢٠٧  
- والجلد ٢٦٨  
- والزيت ٢٢٢  
- على الأرض ٢٨٧  
- وقطر المزيجات ٦١  
- والمركبات والمزيجات ٥٨  
- - معالجة وصناعات ٨٣  
- وهلاله السطح ١٢٨  
المحاليل المائية ٦٠، ٢٢  
مياه الينابيع الحارة (الخلاط) ٢١٧  
النيان المائية ٢٤١  
الماء القبر ٧٥  
أنظر أيضا البحار: المحيطات؛  
الأنهار؛ البحار؛ بخار الماء؛  
والمناطق الرطبة

الغابر ٣١٨  
مائيوز - دماوند ٢١٤  
ماخ - إثنست ١٧٩  
المادة ١٧  
بلورات ٣٠  
تغيرات حالة ٢١-٢٠  
حالات ١٩-١٨  
حقائق ومعلومات عن ٤-١٠-٢  
٢  
خصائص ٢٢-٢٣  
الضوء ٢٠٠  
عناصر ٣١  
- والإشعاعية ٢٦-٢٧

التلونات ٢٢٤-٢٣٤  
أسنان ٢٤٤  
أنظر أيضا الجسم البشري  
تصنيف ٤٢١  
تطور ٢٠٨، ٢٢٧  
حليب أو لبن ٢٦٨  
الزئبقات من ٢٢٦  
شعر أو وبر ٣٥٤  
فترات حقل ٤٢٢  
مدى اعمار ٤٢٢  
شعولات الإسقلاب في ٤٢٢  
التلونات الجارية ٤٢١، ٢٢٥  
التلونات القشيمية ٤٢١، ٢٢٤  
التلونا ٢٢١  
الجنيت ٢٢٨  
لجنين، خشنين ٣٥٢، ١٠٨  
للدان ٨١  
خصائص ٢٢  
شع ٩٩  
- المغرة بالزجاج ١١١  
- من الإيثان ٩٧  
الكتورات اللدانية ١١، ١٠-١٠  
اللدان الحرارية (القصيرة)  
بالحرارة ١٠٦، ١٠٠  
اللدان الصلبة الثابتة حراريا ١٠٠  
اللدان المشككة بالبنق ١٠١  
الدورة ٢٢  
لزوجات السوائل ١٩  
اللسان ٢٥٩  
إسار ساحلي رملي ٢٢٧  
إيثتر - جوزيف ١٠٥  
الغاب ٣٥٩، ٧٦  
لغة الكرات والقسمير ١٧١  
لغوك - جيس ٢٧٠  
لقاح، غيار الطلع ٢١٨-١٩  
لغلاشي - جورج ١٥٠  
اللفس ٣٥٨  
اللف - الجملة المفقدة ٣٥١  
اللتلانيات ٢٧  
لغور ٢٨٤  
اللوامج  
أسنان ٢٤٤، ٢٤٤  
إغناء ٢٤٢، ٢٤٢  
اللواميس ٢٨٣  
لوحات مفاتيح الحواسيب ١٧٣،  
١٧٤  
لوراسيا ٢١٥  
لورنت - أوغست ٦٩  
لورنتز - هديرك ١٩٤  
لوشايلي - هنري ٥٤  
اللوكميا ١٠٤  
لوشير - الأخوان ٢٠٨  
اللون (أنظر الألوان)  
لويحات مفاتيح الحاسبات ١٧٢  
لويل - برسقال ٢٨٩  
اللياز ١٩٠، ١٩٩  
الأطوال الموجية ٢٠٢  
إنكسار ١٩٦  
- الداودية ٢٩  
معازف الأسطوانات المدجة و-  
١٨٨

الليامير ٢٢٦  
ليونيوس أوكاميبي ٣٠٥  
الليثيوم ٢٤، ٢٤  
كوري - بيير ٢٦  
كوري - ماري ٢٥، ٢٦  
الكوارات (الكوارز) ٢٧٦  
كوشو - جاك إيف ٢٨٧  
الكوك ٩٦، ٨٤  
الكوكب العاشر ٢٩٣  
الكوكبات (الأبراج) ٢٨٢، ٤١٩  
كوكبة الجبار ٢٨٢، ٤١٩  
كوكروفت - جون ٢٥  
كوكسويل - هنري ٢٤٩  
كولا - شبه جزيرة كولا ٢١٢  
كولمبوس - كريستوفر ٢١٥  
كولوم - شارل لوغسطين ١٤٩  
الكون ٢٧٤  
الحياة في ٢٠٧  
عنصر ٢١  
الهدروجين في ٤٧  
- والانفجار العظيم ١٧، ٢٧٥،  
٢٩٦  
أنظر أيضا الفضاء  
كوسميسون ٢٥٠، ٢٥١  
كوكوك - ستيغاني ١٠١  
الكويو ٢٤٤  
الكويبات ٢٨٢، ٢٨٩، ٢٩٤  
كويبات أبولو ٢٩٤  
الكويبات الطروادية ٢٩٤  
الكيتين ٢٥٢  
كيرشوف - غوستاف ١٩٣  
الكرويسين (الكاز) ٩٨  
الكولجول ١٢٢  
الكولوكالوري ١٢٢  
الكيفن (تساح) ٢٢١، ٢٨٨  
الكيمياء  
- والكيمياء ١٧  
- الزراعة ٩١  
- في الطب ١٠٤-٥  
الكيمياء العضوية ٤١  
الكوي - ثمة ٢١٨  
ل  
لايار ٢٥٠، ٢٥١  
اللاية  
- والبراكين ١٤٠، ٢١٦، ٢١٧  
- والصخور البركانية ٢٢٢  
اللاية الحثية (الياهو) ٢١٧  
لائوافق طريقي في الصخور ٢٢٦  
لاجسة الشكر (السيمية) ٢٢٢  
اللاذليات ٢٢٨  
اللاهريات ٢١٦  
لاسلكي الميدان ١٦٥  
لاقوازييه - انطون ١٧، ٤٤، ٦٤،  
٧٤  
لاقوازييه - ماري ١٧  
اللاذليات ٢٢٨  
لاكوليت، صخور إلواسية ٢٢٢  
لائجن - بول ١٨٥  
لائد - إلويل ٢٠٧  
اللاهوب ٦٤  
لايكا ٢٠٠  
لايل - السير شارل ٢٢٦  
لأ الأرض ٢١٢، ٢١٣  
الليال ٢٩٧  
اللين الرائب ٨٠، ٩٣

والطاقة الكامنة ١٢٢  
- والظاهرة الكهروضوئية ١٩١  
- والغضلات ٢٥٥  
- في البيت ١٩١  
- وقدره الريح ١٢٤، ٢٥٥،  
٢٥٦  
- والقدر الشمسية ١٢٤،  
١٩٠  
- ومحطات القدرة ١٢٥  
- والموصلات ٢١  
- والموصلات الفائقة التوصيل  
١٤٩  
- والنحاس ٨٦  
المخزات - في ١٥٨  
المولدات - في ١٥٩  
أنظر أيضا البطاريات  
الكهرباء الإحصائية ١٢٦  
الكهرباء التيارات ١٤٨-٤٩  
- - المتناوية ١٥٩، ١٦٠  
- - المستوية ١٥٩، ١٦٠  
الكهربائية الساكنة ١١٥، ١٤٦-  
٤٧، ٢٥٧  
كهلز (الكتروليت) ٦٨  
الكهنة ٦٧  
- في إنتاج الألومنيوم ٨٧  
- في إنتاج النحاس ٨٦  
- وهيدروكسيد الصوديوم ٩٤  
التقنية الكهربائية ٦٧  
الكهزمان ١٤٤، ٢٢٥، ٢١٧  
الكهرومغناطيسية ١٥٦-٥٧  
المطيف الكهرومغناطيسي ١٩٢،  
٤١٢  
- والخ ١٥٩  
- والمغناطيسات الكهربائية ٢٦  
الكهوف ٢٢٨، ٢٢٦  
الكواكبات ٢٥  
كواشف النوية ١٨٠  
الكواشف الفلزية ١٥٧  
الكواكب ٢٧٤  
إحصائيات عن ٤١٨  
الأرض ٢٠٩، ٢٨٧  
أصل ٢٧٥  
أوراثوس ٢٩٢  
بلوتو ٢٩٣  
جاذبية ١٢٢  
زحل ٢٩١  
الرؤفة ٢٨٩  
المتواير الفضائية و- ٢٧٢  
عطارد ٢٨٩  
الكوكب العاشر ٢٩٣  
المريخ ٢٨٩  
المشتري ٢٩٠  
نبتون ٢٩٣  
نشأة ٢١٠  
النظام الشمسي و- ٢٨٣  
القولات ٢٣٥، ٤٠٠  
كوبرنيكس - نيكولاس ٢٨٧  
كوبروليت، لجو متجحر ٢٢٥  
الكويكبات ٢٢  
كوي (سائق شبر الخليفة  
الكونية) ٢٧٥  
كوخ - دوبرت ٢١٢  
كويك ٢٠٧  
الكورنثم ٢٢١

لايار ٢٥٠، ٢٥١  
اللاية  
- والبراكين ١٤٠، ٢١٦، ٢١٧  
- والصخور البركانية ٢٢٢  
اللاية الحثية (الياهو) ٢١٧  
لائوافق طريقي في الصخور ٢٢٦  
لاجسة الشكر (السيمية) ٢٢٢  
اللاذليات ٢٢٨  
اللاهريات ٢١٦  
لاسلكي الميدان ١٦٥  
لاقوازييه - انطون ١٧، ٤٤، ٦٤،  
٧٤  
لاقوازييه - ماري ١٧  
اللاذليات ٢٢٨  
لاكوليت، صخور إلواسية ٢٢٢  
لائجن - بول ١٨٥  
لائد - إلويل ٢٠٧  
اللاهوب ٦٤  
لايكا ٢٠٠  
لايل - السير شارل ٢٢٦  
لأ الأرض ٢١٢، ٢١٣  
الليال ٢٩٧  
اللين الرائب ٨٠، ٩٣











